

FREIBERGER  
FORSCHUNGSHEFTE

**A 190**

**BRENNSTOFFTECHNISCHE GESELLSCHAFT  
IN DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK**

**Arbeitsausschuß  
Braunkohlenentgasung**

**Sitzung am 6. Mai 1960 in Markkleeberg**

SCHÄDLICH: Trockenkokskühlung — RAMMLER/HEIDE/FISCHER:  
Versuche zur schonenden Zerkleinerung von Braunkohlenhochtempe-  
raturkoks für die Karbidindustrie — Mitteilung aus der Ingenieur-  
technischen Zentralstelle Böhlen: Entbenzinierung von BHT-Kokereigas  
mit handelsüblicher Aktivkohle



FFH  
A190  
b

KADEMIE-VERLAG BERLIN

1962

XVI 1142<sup>A-190</sup>  
b

Bü  
+ Berg  
Freib



TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XVI 1142 . A190B



FREIBERGER FORSCHUNG SHEFTE

A 190

VERLAG VON  
FRIEDRICH VON SIEBENTHAL  
BREMEN

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is faint and mostly illegible due to fading and the texture of the paper.

# FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

A 190

BRENNSTOFFTECHNISCHE GESELLSCHAFT  
IN DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK

## Arbeitsausschuß Braunkohlenentgasung

Sitzung am 6. Mai 1960 in Markkleeberg

SCHÄDLICH: Trockenkokskühlung — RAMMLER/HEIDE/FISCHER:  
Versuche zur schonenden Zerkleinerung von Braunkohlenhochtemperatur-  
koks für die Karbidindustrie — Mitteilung aus der Ingenieurtechnischen  
Zentralstelle Böhlen: Entbenzinierung von BHT- Kokereigas mit handels-  
üblicher Aktivkohle



Akademie-Verlag · Berlin

Freib. Forsch.-H.	A 190	Seite 1—97	72 Bilder	21 Tabellen	Berlin, Febr. 1962
-------------------	-------	------------	-----------	-------------	--------------------

INHALT

HEINZ SCHÄDLICH

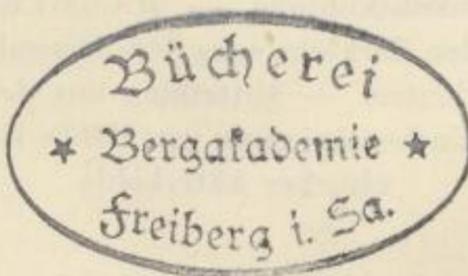
Trockenkokskühlung . . . . . 5

ERICH RAMMLER, KARL HEIDE und WALTER FISCHER

Versuche zur schonenden Zerkleinerung von Braunkohlenhochtemperaturkoks für die Karbidindustrie . . . . . 21

Mitteilung aus der Ingenieurtechnischen Zentralstelle Böhlen

Entbenzinierung von BHT-Kokereigas mit handelsüblicher Aktivkohle 83



XVI 1142 (A 190) 6  
o

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. G. Hollweg — Chefredakteur: Dipl.-Ing. M. Wolf, Freiberg, Klubhaus der Bergakademie, Aug.-Bebel-Str. 5 (Fernruf 2497, Telex 0578535). — Verlag: Akademie Verlag GmbH, Berlin W 8, Leipziger Str. 3—4 (Fernruf 220441, Telex 011773), Postscheckkonto 35021. — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Redaktion der Bergakademie oder dem Akademie-Verlag. — Preis dieses Heftes: 12,60 DM. Bestell-Nr. 2062/A 190. Vertrieb: In der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; in Westdeutschland durch den Buchhandel (Auslieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber Stuttgart S, Wilhelmstr. 4—6); im gesamten Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch-Export und -Import, GmbH, Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder den Verlag. — Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“ Bad Langensalza. — Lizenz-Nr. 202 · 100/636/62. — Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. ES 20 M 4

(62. 695; 8.82 Rev.)

## Trockenkokskühlung

Von HEINZ SCHÄDLICH, Lauchhammer

*„Nicht die Wirtschaft dient dem Fortschritt, welche die meisten Brennstoffe verbraucht, sondern die, welche sie am besten nutzt“.*

Wenn ich einleitend das Geleitwort, unter dem die IV. Wissenschaftliche Tagung der Brennstofftechnischen Gesellschaft stand, zitierte, so deshalb, weil die Trockenkokskühlung nicht nur der besseren Kokseigenschaften halber, sondern auch auf Grund der sich für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ergebenden Vorteile hinsichtlich Ausnutzung eines Teiles der fühlbaren Wärme des Kokes zur Dampferzeugung betrieben wird.

Ich darf an das Referat von Herrn Obering. KRÖSSWANG zu „Fragen der Abgaswärme-Ausnutzung“ erinnern, welches er im Arbeitsausschuß „Verwendung von Gasen“ im November 1958 in Freiberg hielt. Wenn der Referent die Abwärme-Ausnutzung in ihrer Bedeutung in gleicher Weise wie die Kohlenförderung behandelt wissen will, so liegt dieser Standpunkt — bezogen auf die Trockenkokskühlung — doch zutiefst im Interesse einer hygienischen Arbeitsweise und im Sinne einer rationellen Brennstoffausnutzung. Ein besonderes Beispiel in der Abwärmenutzung haben wir in der Braunkohlenkokerei des Kombinat Lauchhammer, wo heute der gesamte Dampfbedarf des Werkes aus der Abgaswärme in 18 Abhitze-Kesselanlagen erzeugt wird und darüber hinaus noch Überschußdampf an die Brikettfabriken abgegeben werden kann.

Es könnte nunmehr der Eindruck entstehen, daß die Trockenkokskühlung ausschließlich zur Vermeidung von Energieverlusten durch Ausnutzung der fühlbaren Wärme zur Dampferzeugung angesehen wird. Eingehende Literaturstudien haben ergeben, daß bei der Kühlung von Steinkohlenkoks Veränderungen in der Qualität trocken- gegenüber naßgelöschten Kokes nicht in allen Fällen positiv beurteilt werden. Sich evtl. bei der Trockenkühlung ergebende Verbesserungen in der Koks-güte werden teilweise für die weitere Verwendung des Kokes als unerheblich hingestellt, besonders hinsichtlich des Einsatzes für metallurgische Zwecke. Fast übereinstimmend wurde festgestellt, daß die Reaktionsfähigkeit trockengekühlten Kokes unter der des naßgelöschten liegt, daß also durch Wasserdampf eine Erhöhung der Reaktionsfähigkeit und Erniedrigung des Zündpunktes eintritt. Die bei der trockenen Kühlung von Steinkohlenkoks in Kokereien und Gaswerken festgestellte nur geringe Verbesserung der Koksfestigkeit erlangt beim wesentlich empfindlicheren Braunkohlenhochtemperaturkoks eine weitaus größere Bedeutung, da dieser im Gegensatz zum Steinkohlenkoks ein bei Temperaturen bis 1000 °C aus Feinstkornbriketts hergestellter Schrumpfkoks ist. Bei diesem wird mit der trockenen Kühlung ein höherer

Stückkoksanfall und auch eine bessere Festigkeit erzielt. Diese bei der Braunkohlen-Brikettverkokung wichtigen Momente — Ausnutzung eines Teiles der fühlbaren Wärme des Kokes und Verbesserung der mechanischen und chemischen Kokeigenschaften — wurden bereits von Bilkenroth und Rammler erkannt und folgerichtig in der Praxis verwirklicht. Der zur Anwendung gekommene Kokskühler entspricht dem Behältertyp nach System Sulzer, der in einer Schnittzeichnung im Bild 1 dargestellt ist. Ein Kommentar hierzu erübrigt sich, da sicher die Arbeitsweise dieses Systems allgemein bekannt ist. Die für den Kühlprozeß im Behälter wesentlichen Einflußgrößen sind in der gleichmäßigen Verteilung des inerten Kühlgases über den gesamten Querschnitt des Kühlaggregates, sowie in der Gleichmäßigkeit des Kühlgutdurch-

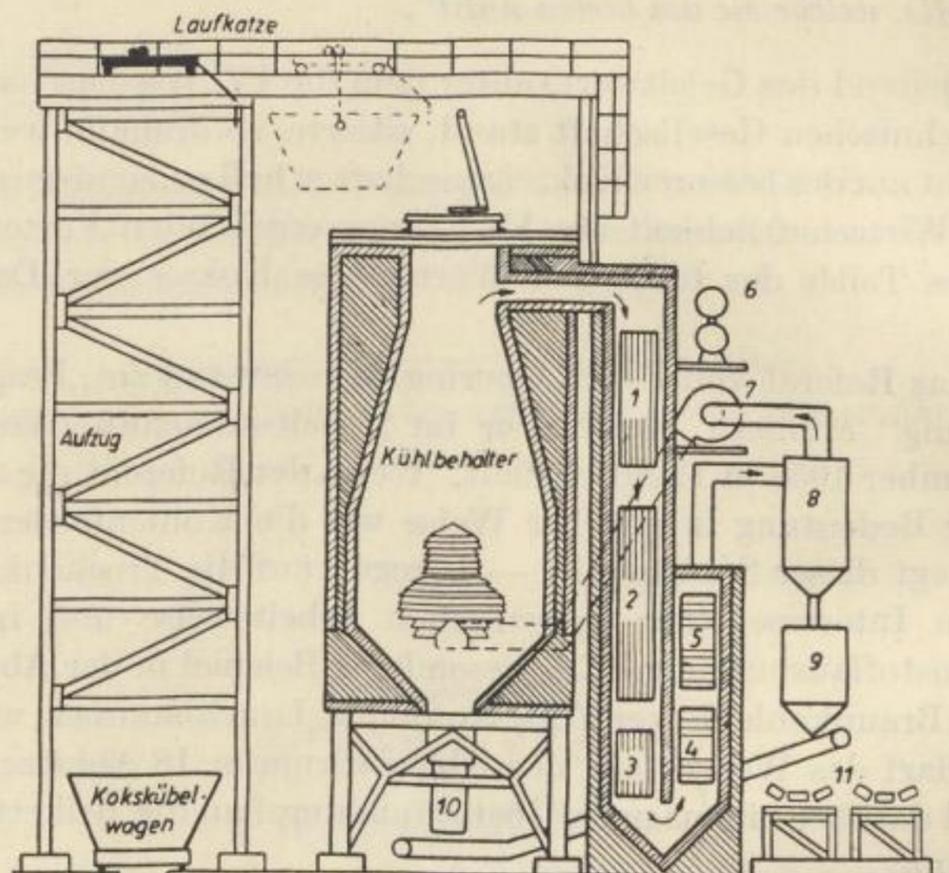


Bild 1. Schnitt durch einen Trockenkokskühler  
— System Sulzer — der Großkokerei Lauchhammer

ganges zu suchen. Die letztgenannte Forderung wurde durch eine in der Kokerei entwickelte automatische Koksaustragsvorrichtung, die im Bild 2 gezeigt wird, weitgehend verwirklicht. Die Beseitigung der Strähnenbildung des Kokes im Behälter sowie die Verbesserung der Kühlgasverteilung konnten jedoch erst erreicht werden, nachdem die früher vorhandenen Leitdächer (Bild 3a) durch Glocken (Bild 3b) ersetzt waren. Diese Maßnahme führte zur erwünschten gleichmäßigen Verteilung des Kühlgases, damit zur Absenkung der Koksaustrittstemperaturen, zur Erhöhung des Durchsatzes und zur Anpassung der Leistung der Kühlsysteme an die der Verkokungsöfen. Der Erfolg dieser Maßnahme geht aus Messungen, die in Form von Häufigkeitskurven im Bild 4 dargestellt sind, hervor. Vergleicht man die ausgezogene mit der Strich-Kurve, wobei die Erstgenannte die Meßergebnisse des Kühlers mit Glockeneinbauten, die Strichkurve die des Kühlers mit Leitdächern beinhaltet, so stellt man fest, daß der Anteil der gemessenen Temperaturen im Bereich 50—150 °C

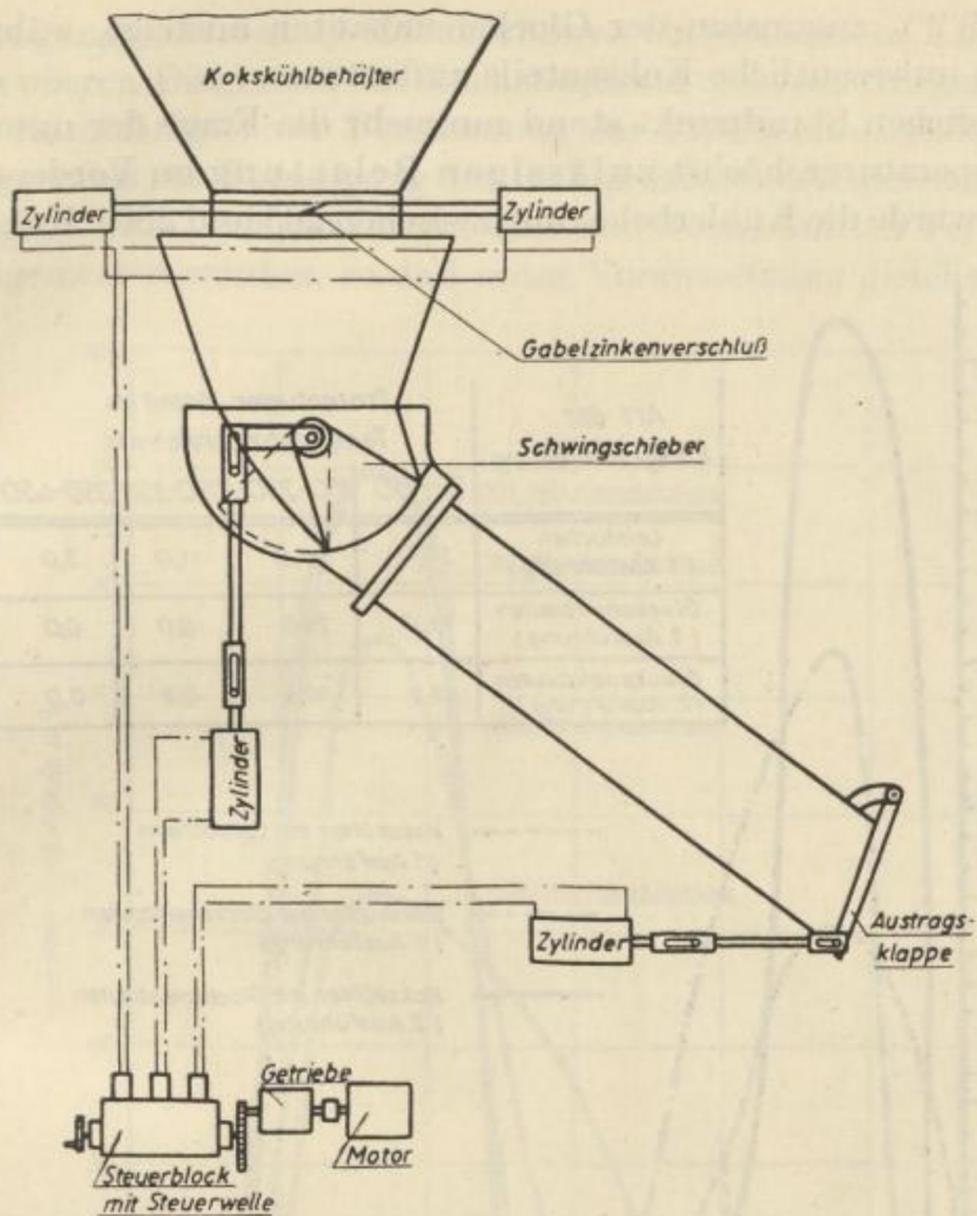


Bild 2. Automatische Koksaustragsvorrichtung

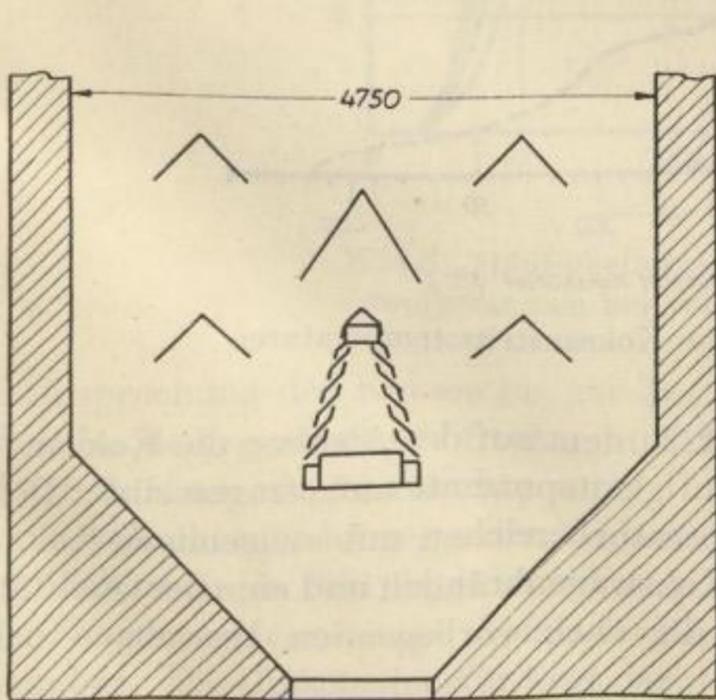


Bild 3a. Anordnung der Dacheinbauten  
(1. Ausführung)

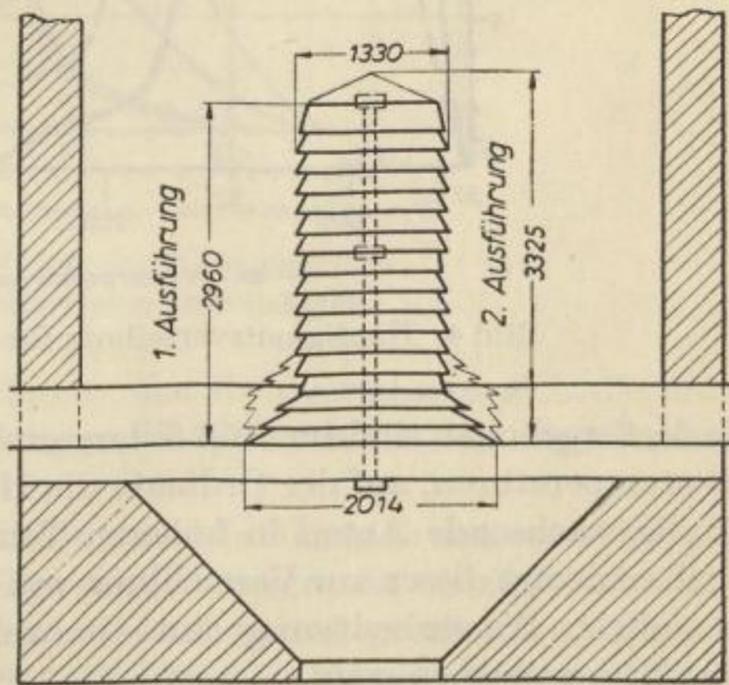


Bild 3b. Anordnung der Glockeneinbauten  
(1. u. 2. Ausführung)

von 57,0 auf 89,2% zugunsten der Glockeneinbauten ansteigt, während oberhalb 250°C nur noch unwesentliche Koksanteile auftreten.

Vom betrieblichen Standpunkt stand nunmehr die Frage der unter Vermeidung von Spitzentemperaturen höchst zulässigen Belastung im Vordergrund. In vier Versuchsreihen wurde die Kühlerbelastung zwischen 205 und 280 t Koks/24 h variiert.

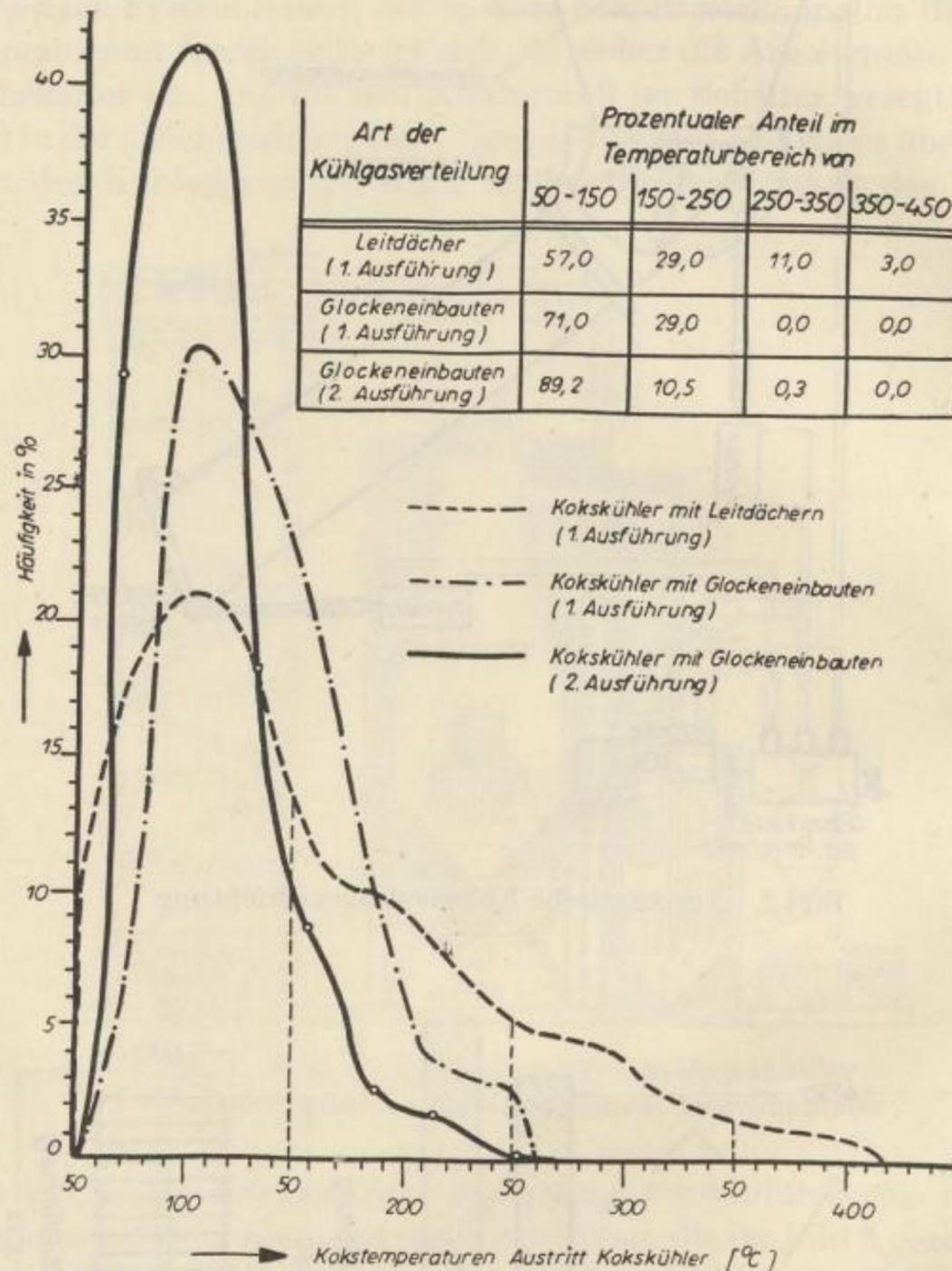


Bild 4. Häufigkeitsverteilung für die Koksaustrittstemperaturen

Die Meßergebnisse sind im Bild 5 dargestellt, in dem auf der Abszisse die Koksaustrittstemperaturen, auf der Ordinate die Häufigkeitsprozente aufgetragen sind. Der ständig wachsende Anteil in höheren Temperaturbereichen mit steigendem Koks-durchsatz setzt diesen zur Vermeidung von Kokswagenbränden und eine der Qualität abträgliche Wasserbedüsung eine Grenze, die nach vorliegenden Messungen bei 230 t/24 h zu ziehen wäre.

Eingehende Untersuchungen über die Qualität des trockengekühlten und naßgelöschten Braunkohlenkokes führten zu der Bestätigung, daß bei der

BHT-Kokserzeugung das trockene Kühlverfahren eine technische Notwendigkeit ist. Bild 6 zeigt im oberen Diagramm die Rückstandskurven vom trockengekühlten und naßgelöschten Kammerkoks vor Bestimmung der Trommelfestigkeit. Beide Koksproben unterliegen bis zur Beendigung des Kühlprozesses den gleichen mechanischen Beanspruchungen. Dem geringen Unterschied und wechselhaften Verlauf kann keine Bedeutung beigemessen werden, so daß unter Voraussetzung gleicher mechanischer

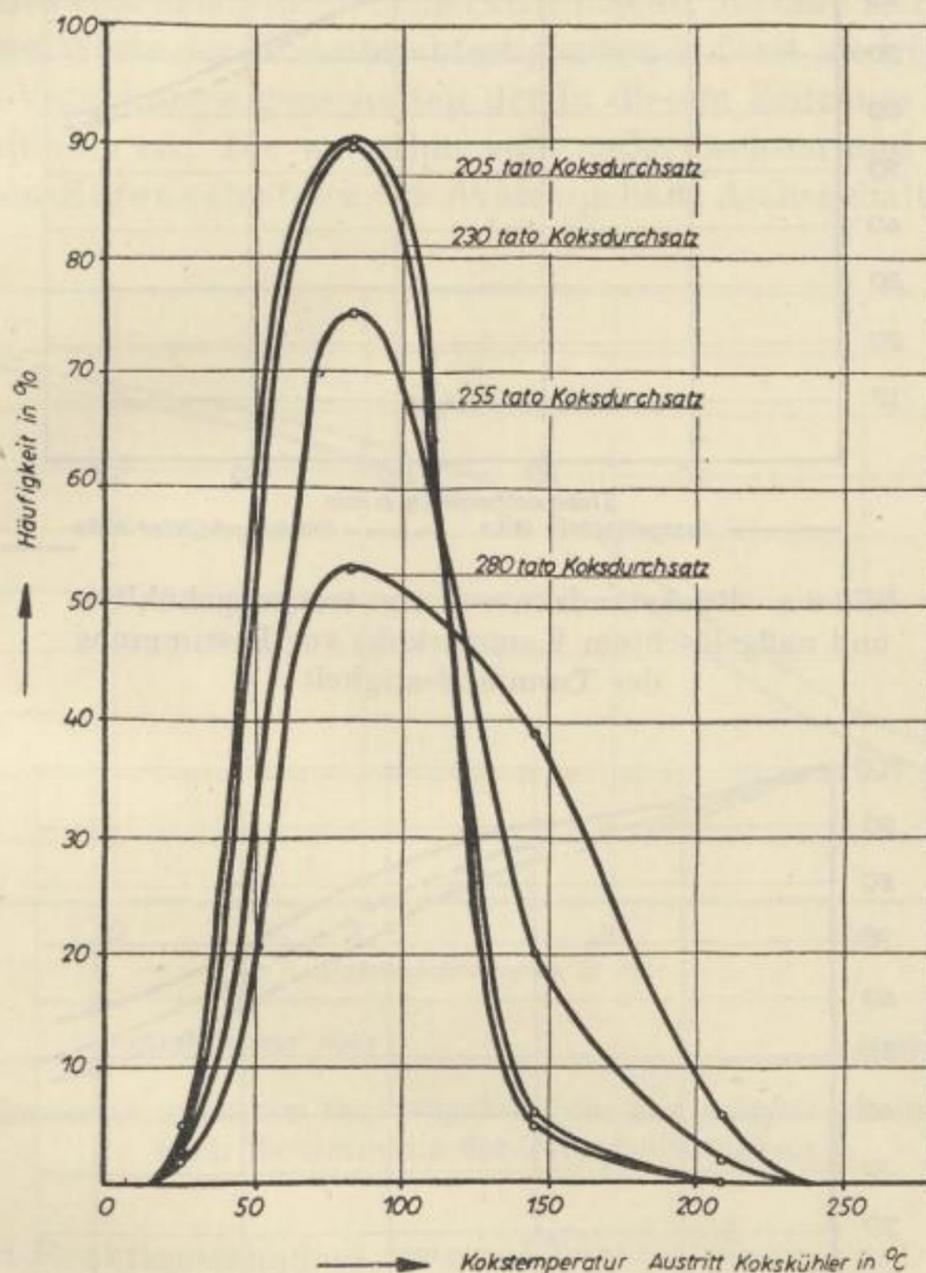


Bild 5. Häufigkeitsverteilung der Koksaustrittstemperaturen bei verschiedenen Durchsätzen

Beanspruchung des Kokes bis zur Beendigung des Kühlverfahrens sich die nasse Kokslösche gegenüber der trockenen Kühlung auf den Sortenanfall in den einzelnen Siebfractionen nicht auswirkt.

Vergleicht man hingegen den Verlauf des Sortenanfalles nach den unteren Rückstandskurven im Bild 6b, so ist auf dem Wege vom Kammerkoks bis zum Koks nach der Klassierung ein stetiger Abfall des Rückstandes auf den entsprechenden Sieben erkennbar. Die Ursache hierfür liegt darin, daß die schon als Kammerkoks mit Rissen behafteten Koksstücke bei der Füllung des Kokskübelwagens, beim Stürzen des Kokes in den Kühlbehälter, während des Durchganges durch diesen, beim Austrag und

schließlich während des Siebvorganges auf den Gegenschwingsieben in kleinere Koksstücke zu Gunsten der nächstniederen Fraktionen zerlegt werden. Aus den Rückstandskurven geht hervor, daß 11% des nach dem Verkokungsprozeß anfallen-

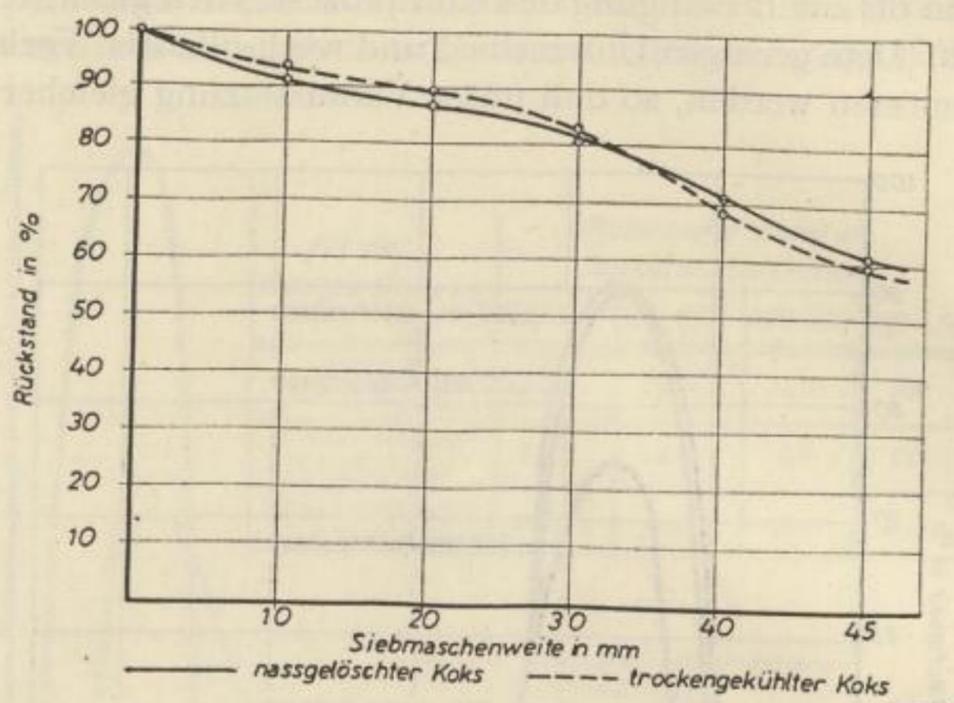


Bild 6 a. Rückstandskurven von trockengekühltem und naßgelöschtem Kammerkoks vor Bestimmung der Trommelfestigkeit

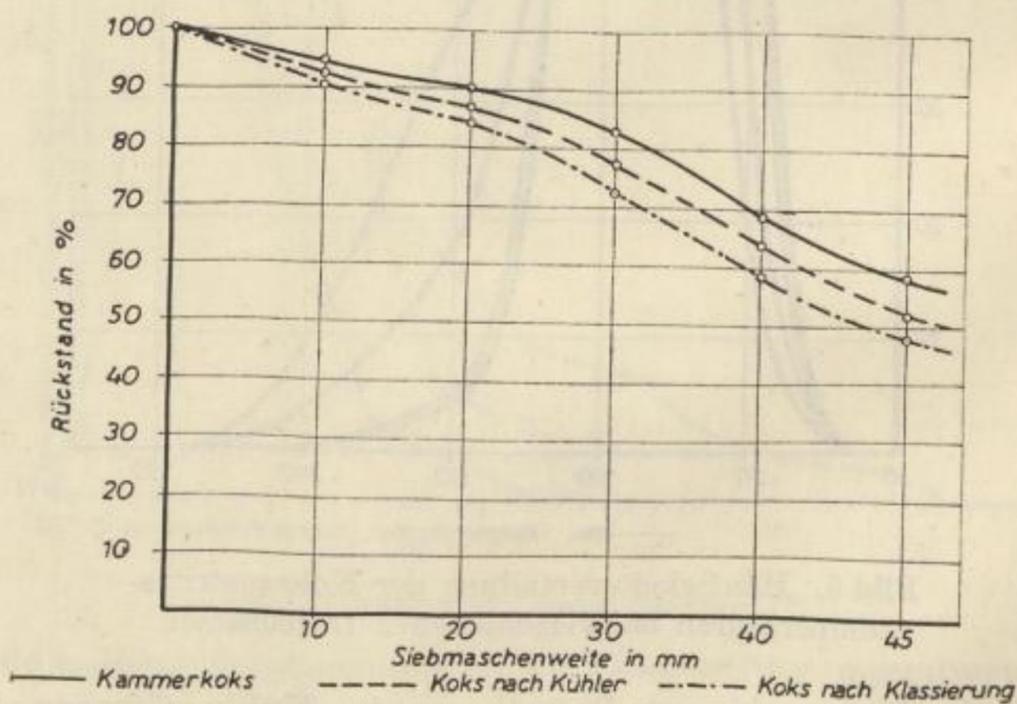


Bild 6 b. Rückstandskurven von trockengekühltem Kammerkoks, Koks nach Kokskühler und Koks nach Klassierung

den Kokes in der Korngröße  $+45$  mm durch mechanische Beanspruchung in darunter liegende Siebfraktionen anfallen.

Nach diesen Betrachtungen zum Sortenanfall nunmehr ein Wort zur Trommelfestigkeit. Bild 7 enthält die entsprechenden Rückstandskurven vom trockengekühlten und naßgelöschten Kammerkoks nach Ausführung der Abriebfestigkeits-

bestimmung in der Micum-Trommel. Bezogen auf den Rückstand des 40-mm-Siebes ergibt sich eine Trommelfestigkeit von 25,3% für den naßgelöschten und 30,6% für den trockengekühlten Kammerkoks, mithin eine Differenz von 5,3%. Wenn sich auch die nasse Kokslöschung nicht merklich auf den Sortenanfall auswirkt, so verursacht sie doch eine gewisse Rißbildung, die sich bei der mechanischen Beanspruchung in der Micum-Trommel schon in immerhin nicht unwesentlichem Maße durch teilweisen Zerfall dieser Koksstücke bemerkbar macht. Es muß hierzu gesagt werden, daß die absoluten Werte der Koksabriebfestigkeiten äußerst niedrig liegen, was wohl auf ungünstige Verkokungseigenschaften der in diesem Zeitraum geförderten Rohkohle zurückzuführen ist. Die weiterhin vom naßgelöschten und trockengekühlten Koks bestimmten Eigenschaften, wie Wassergehalt, Aschegehalt, Druckfestigkeit,

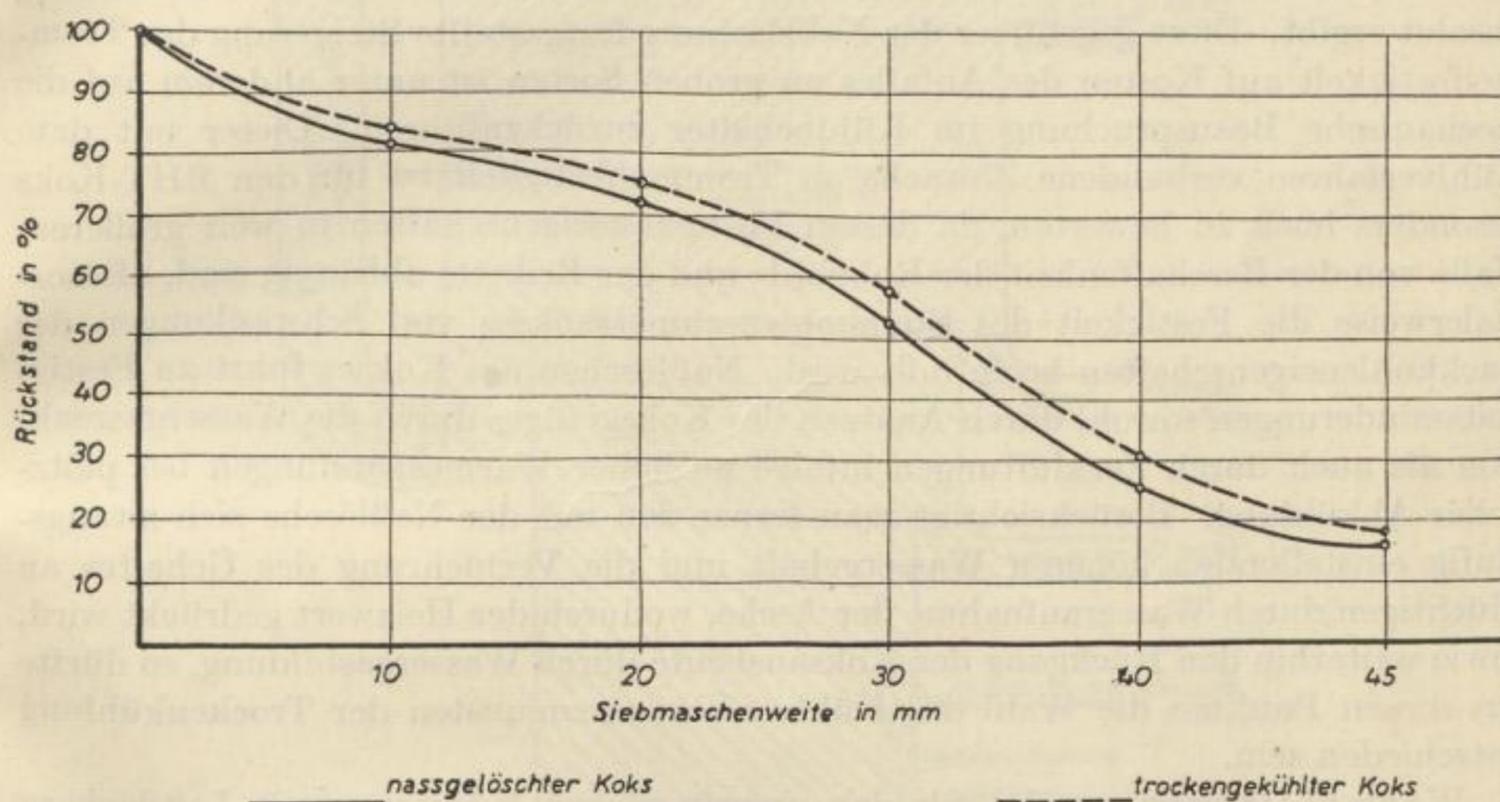


Bild 7. Rückstandskurven von trockengekühltem und naßgelöschtem Kammerkoks nach Bestimmung der Trommelfestigkeit

Zündpunkt und Reaktionsfähigkeit, zeigen Übereinstimmung mit bisher bekannten Untersuchungen. Der Wassergehalt steigt hiernach von 1 auf 6% beim naßgelöschten Koks an, während der Aschegehalt sich nur um 0,5% unterscheidet und beim trockengekühlten Koks um diese Differenz höher liegt. In der Druckfestigkeit liegen auf beide Arten gekühlten Kokse etwa gleich, es besteht somit keine Parallelität zwischen diesen und den Trommelfestigkeitswerten. Dies bestätigt die bereits früher gewonnene Erkenntnis, daß beim nassen Löschen des Kokses die dabei entstehenden Risse vornehmlich radial von den Außenflächen zur Mitte des Koksstückes hin verlaufen, jedoch nicht den Kern des Koksstückes schwächen, auf dem der Stempel der Druckfestigkeitsprüfpresse einwirkt. Hinsichtlich der Zündpunkt- und Reaktionsfähigkeitsmessungen konnte übereinstimmend mit in anderen Anlagen gewonnenen Ergebnissen festgestellt werden, daß durch die nasse Löschung eine Erhöhung der Reaktionsfähigkeit eintritt. Die flüchtigen Bestandteile wurden beim naßgelöschten Koks

mit 4,2, beim trockengekühlten mit 2,1% (bezogen auf wasserfreien Koks) bestimmt. RAMMLER und BILKENROTH haben schon früher darauf hingewiesen, daß diese Zunahme des Gehaltes an Flüchtigem beim naßgelöschten Koks auf Bindung von Hydratwasser durch die Asche des Kokes, die Kalziumsulfat, CaO und Kalksilikate enthält, beruht und es sich hier um sogenannte „unechteflüchtige Bestandteile“ handelt.

Die bisher festgestellten Unterschiede zwischen trocken- und naßgelöschtem BHT-Koks vermögen zunächst, wenn man den Gewinn der fühlbaren Wärme vorerst nicht in Betracht zieht, die Anwendung der Trockenkokskühlung bei der Braunkohlenverkokung noch nicht ganz zu rechtfertigen. Stellt man jedoch den Trommelfestigkeitswert des naßgelöschten Kokes von 25,3% R + 40 mm den des nach dem Trockenkokskühler erhaltenen gegenüber, so liegt der auf dem 40-mm-Sieb ermittelte Rückstand bei 40%, so daß sich eine Steigerung der Trommelfestigkeit von etwa 15% absolut ergibt. Diese gegenüber der Naßlöschung festgestellte Steigerung der Trommelfestigkeit auf Kosten des Anfalles an groben Sorten ist unter anderem auf die mechanische Beanspruchung im Kühlbehälter zurückzuführen. Dieser mit dem Kühlverfahren verbundene Zuwachs an Trommelfestigkeit ist für den BHT-Koks besonders hoch zu bewerten, da dessen Festigkeitseigenschaften in weit größerem Maße von der Beschaffenheit der Rohkohle und der Briketts abhängig sind, als normalerweise die Festigkeit des Steinkohlenschmelzkokes von Schwankungen der Backkohleneigenschaften beeinflußt wird. Naßlöschung des Kokes führt zu Festigkeitsminderungen sowohl durch Anätzen des Koksgefüges durch die Wassergasreaktion als auch durch Zerklüftungen infolge zu hoher Wärmespannungen bei plötzlicher Abkühlung. Berücksichtigt man ferner den mit der Naßlöschung sich zwangsläufig einstellenden höheren Wassergehalt und die Vermehrung des Gehaltes an Flüchtigen durch Wasseraufnahme der Asche, wodurch der Heizwert gedrückt wird, sowie weiterhin den Rückgang der Koksausbeute durch Wassergasbildung, so dürfte aus diesen Punkten die Wahl des Kühlverfahrens zugunsten der Trockenkühlung entschieden sein.

Wärmebilanzen wurden für den ursprünglichen Kühlertyp mit Leitdächern und für den mit Glockeneinbauten ausgerüsteten Kokskühler, mit dem die besten Kühlergebnisse erzielt wurden, aufgestellt. Auf die Methoden der Berechnung und Messung der diese Wärmebilanzen aufbauenden Einzelposten kann im Rahmen dieses Vortrages nicht eingegangen werden. Bild 8 veranschaulicht zunächst das Wärme-flußbild für den mit Leitdächern zur Kühlgasverteilung ausgerüsteten Kokskühler. Auf der Eingangsseite stehen die Wärmemessungen des Heißkokes, die vom Koksabbrand erzeugte Wärmemenge sowie die mit dem Umwälzgas und der Wälzgasverdichtung eingebrachten Wärmemengen. Die ausgebrachte Wärmemenge setzt sich aus folgenden Einzelposten zusammen: Umwälzgas, Kaltkoks, Kühlwasser, Abschlämmwasser, den Leitungs- und Strahlungsverlusten und schließlich die erzeugte Dampfmenge. Im vorliegenden Bild liegt die durch Abbrand eingebrachte Wärmemenge bei 15,6% bezogen auf die insgesamt eingebrachte Wärmemenge mit 100%. Die Dampferzeugung ist mit 63,5% beteiligt. Betrachten wir hingegen das Bild 9, welches das in der gleichen Art aufgestellte Wärme-flußbild vom Kokskühler mit Glockeneinbauten enthält, so geht die durch Abbrand eingebrachte Wärmemenge auf 4,0% und die mit dem erzeugten Dampf ausgebrachte auf 61,4% zurück. Die als

Differenzglied bestimmte, durch Verbrennung im Kühlbehälter entstehende Wärmemenge ist selbstverständlich nicht ausschließlich auf eine reine Kohlenstoffverbrennung zurückzuführen. Ein Teil Kokswasserstoff und ein Teil von den Flüchtigen sind an dieser im Kühlbehälter erzeugten Wärme sicher beteiligt.

Der Aufstellung der Wärmebilanzen ging die Ermittlung der bislang noch unbekanntem spezifischen Wärme vom Braunkohlenkoks voraus. Im Bild 10 sind die Meßergebnisse — mittlere spezifische Wärme als Funktion der Bestimmungstem-

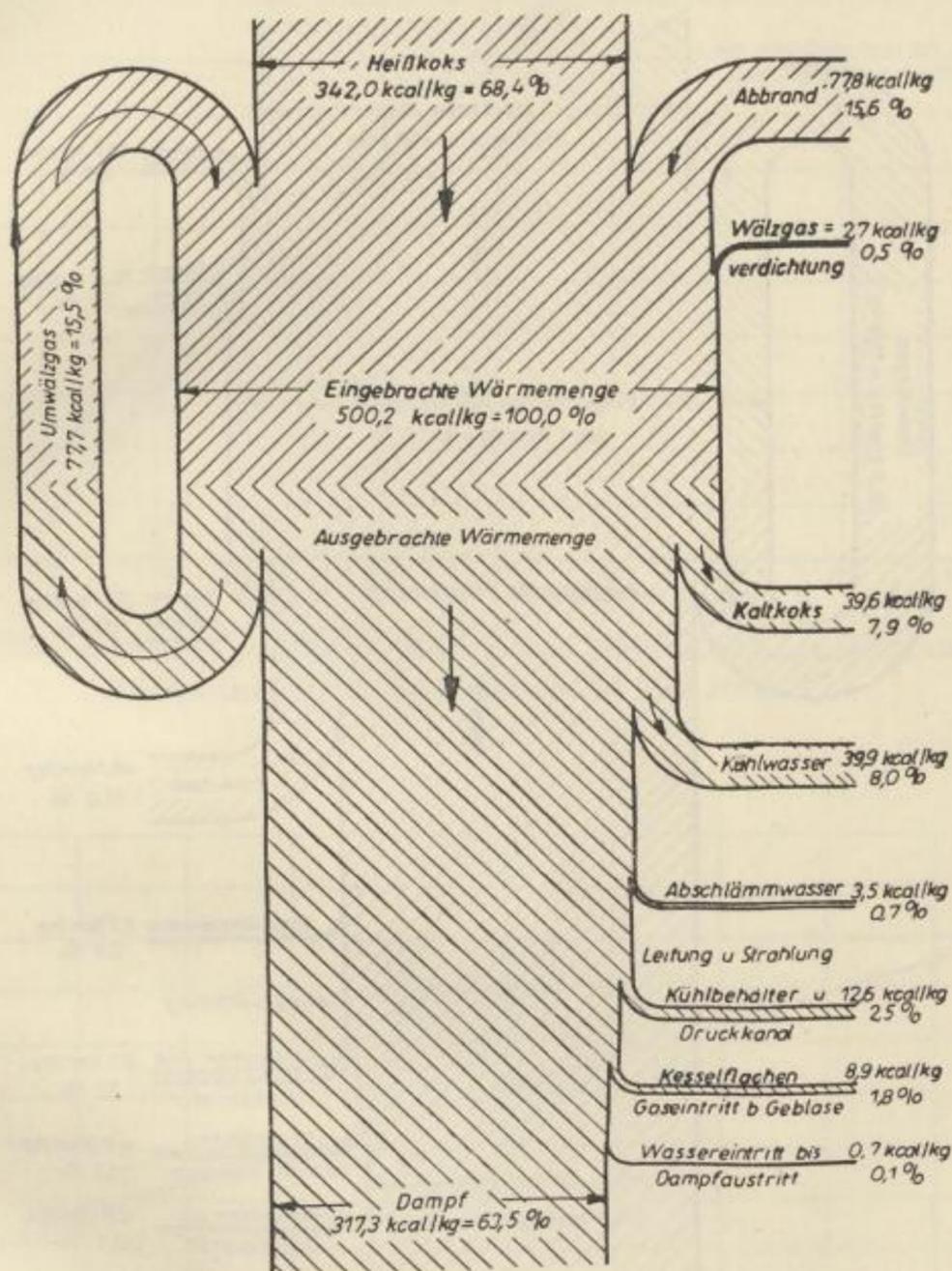


Bild 8. Wärmeabflußbild für Kokskühler mit Leitdächern

peratur — im Vergleich zum Steinkohlenkoks mit 10% Asche aufgetragen. Im Mittel liegen die Werte des Braunkohlenkokes um etwa 0,012 kcal/kg °C über denen des Steinkohlenkokes. Der beim Braunkohlenkoks zwischen Labor- und Betriebskoks erhaltene abweichende Kurvenverlauf erklärt sich aus den Aschegehalten und dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen.

Erwähnt sei noch, daß in diesem Zusammenhang auch die Wärmeleitfähigkeitswerte im Temperaturbereich 20 bis 1000 °C in einer eigenen Meßapparatur ermittelt wurden. Die Bestimmung selbst erfolgte im Absolutverfahren bei stationärer

Wärmeströmung an ein und demselben Koksstück. Bild 11 enthält die Meßwerte als Funktion der Bestimmungstemperatur. Die Wärmeleitfähigkeitswerte verlaufen im Bereich der Bestimmungstemperaturen linear und liegen unter den für Zechenkoks bekannten Werten. So wurde für Braunkohlenkoks mit einem Raumgewicht von  $1200 \text{ kg/m}^3$ , hergestellt bei  $1000^\circ\text{C}$  Verkokungsendtemperatur, zwischen  $20$  und  $100^\circ\text{C}$  eine Wärmeleitfähigkeit von  $0,451 \text{ kcal/m h }^\circ\text{C}$  gefunden. Für Hochofen- und Gießereikoks werden Wärmeleitfähigkeitszahlen im Bereich von  $0,81$  bis  $1,04$

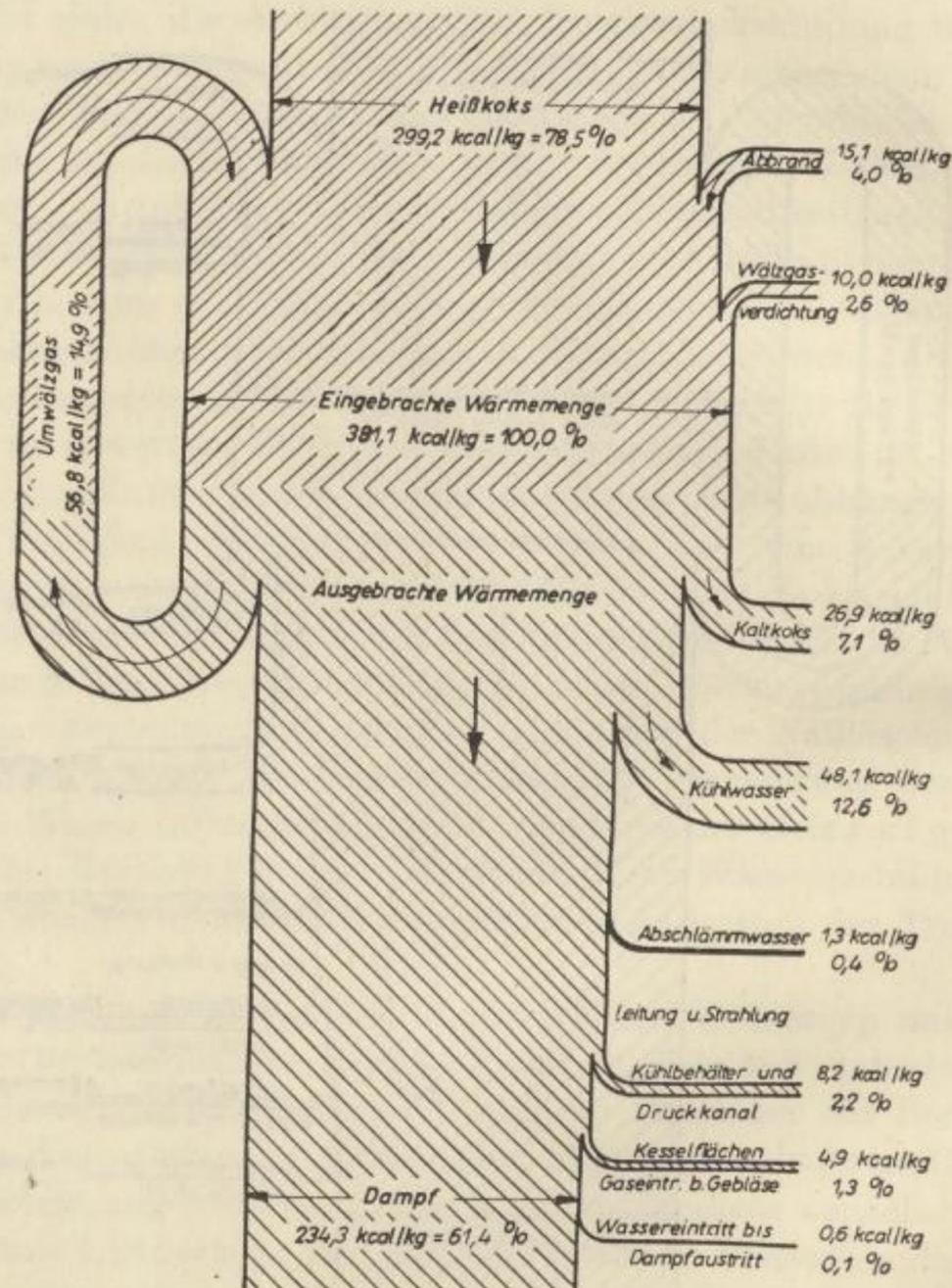


Bild 9. Wärme-flußbild für Koks-kühler mit Glockeneinbauten

$\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$  angegeben. Es sei in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, daß auf die Wärmeleitfähigkeit eines Koks-bettes diejenige eines einzelnen Koks-stückes nur einen Teileinfluß ausübt. Die Wärmeleitfähigkeit von Schüttungen hängt hingegen in starkem Maße von den Eigenschaften der das Lückenvolumen erfüllenden Gase, wie im Koks-kühlbehälter, ab sowie von den Wärmeübergangsverhältnissen zwischen diesen Gasen und dem Schüttungsstoff. Die Kenntnis der spezifischen Wärme und Wärmeleitfähigkeit ermöglicht die Ermittlung der Temperaturleitzahl, welche eine

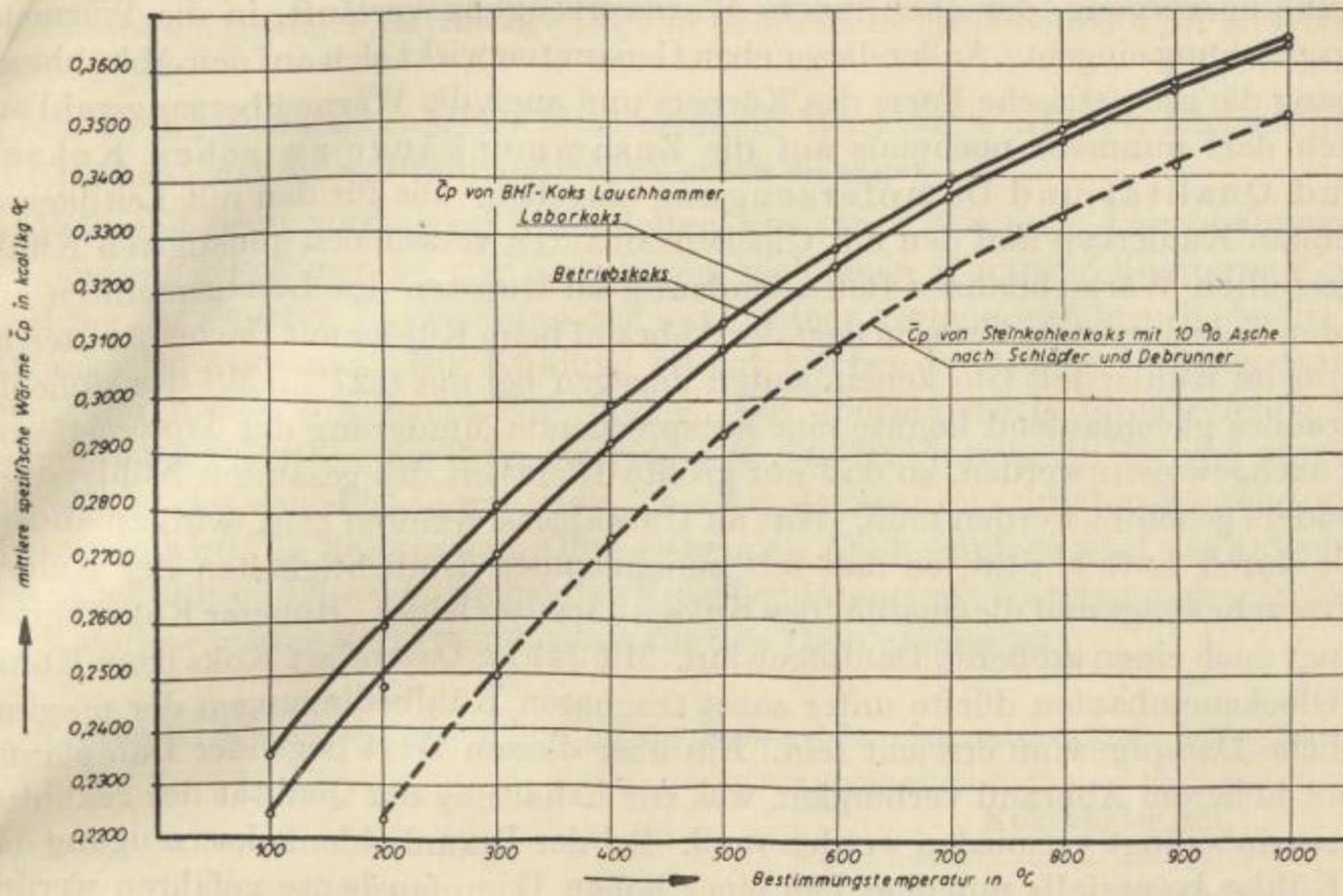


Bild 10. Mittlere spezifische Wärme von BHT-Koks Lauchhammer und Steinkohlenkoks zwischen 20 und 1000 °C

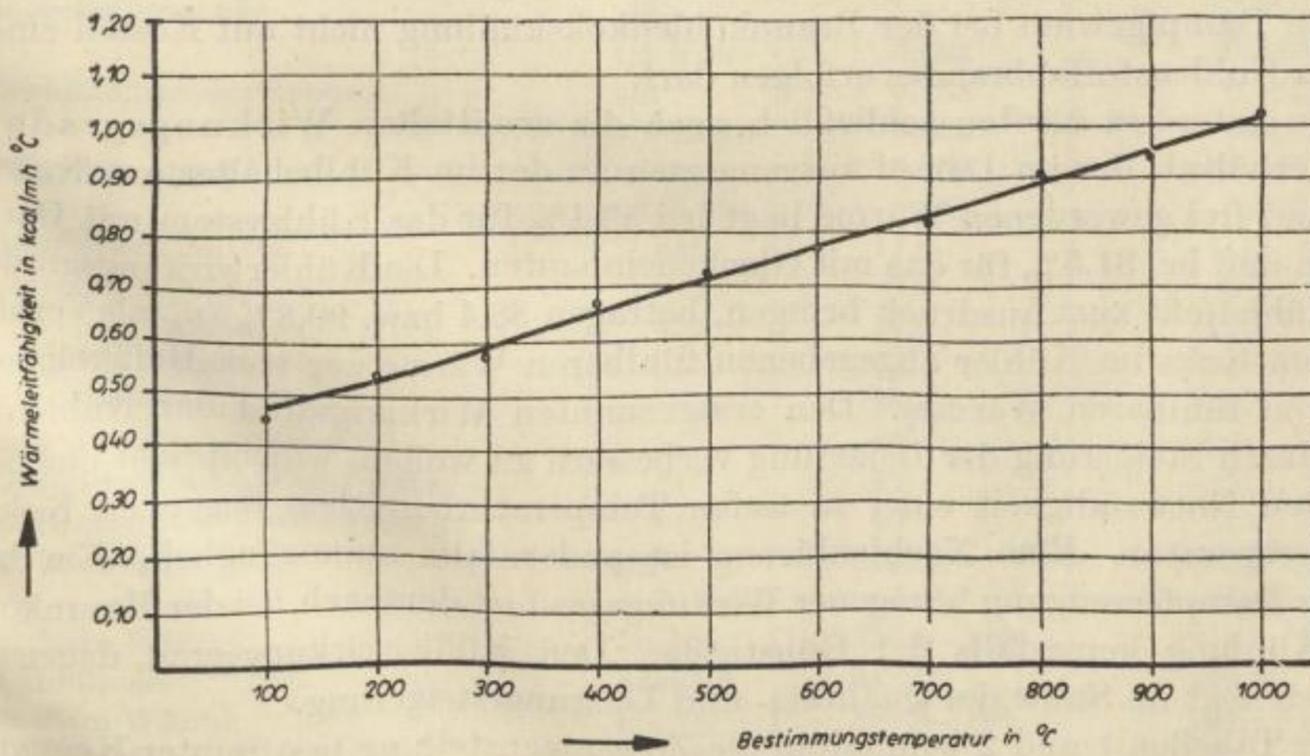


Bild 11. Wärmeleitfähigkeit von BHT-Koks Lauchhammer zwischen 20 und 1000 °C

Stoffeigenschaft darstellt. Diese ist bekanntlich die einzige Stoffgröße, die bei einem Abkühlungsvorgang, der ohne innere Wärmeerzeugung verläuft, in die Wärmeleitungsgleichung eingeht. Außer dieser eben Genannten wirkt sich auf den Abkühlungsvorgang die geometrische Form des Körpers und auch die Wärmeübergangszahl aus.

Ich darf nunmehr nochmals auf die Zusammenhänge zwischen Koksabbrand, Qualität und Dampferzeugung eingehen. Die für den mit Leitdächern als ersten Kühler typ und den mit Glockeneinbauten versehenen günstigsten Kühler aufgestellten Wärmebilanzen fielen eindeutig zu Gunsten des Letztgenannten aus. Auf den Koks durchsatz bezogen liegt der Abbrand beim Kühler mit Dacheinbauten bei 1,52, beim Kühler mit Glockeneinbauten dagegen bei nur 0,27%. Mit der Höhe des Abbrandes gleichlaufend konnte eine entsprechende Minderung der Trommelfestigkeit nachgewiesen werden, so daß auf größte Dichtigkeit des gesamten Kühlsystems besonders geachtet werden muß. Was an Umwälgas verloren geht, wird an anderer Stelle durch Luft ersetzt, so daß mit zunehmenden Undichtigkeiten der Kohlenstoffverzehr steigt und die Qualität des Kokes darunter leidet. Höherer Koksabbrand bedingt auch einen größeren Dampfgehalt. Mit 341 kg Dampf je t Koks beim Kühler mit Glockeneinbauten dürfte unter sonst tragbaren Kühlbedingungen der maximal mögliche Dampfgehalt erreicht sein. Ein über diesem Wert liegender Dampfgehalt ist mit höherem Abbrand verbunden, was zur Erhaltung der Qualität des gekühlten Kokes unbedingt vermieden werden muß. Bei der Braunkohlenkokserzeugung darf der Kühler keinesfalls mit dem Ziel einer hohen Dampfausbeute gefahren werden. Die Kühlung des Kokes auf möglichst schonende Art und Weise ist das Hauptkriterium, der Dampfgehalt hingegen muß als willkommene und unbedingt zu nutzende Nebenerscheinung betrachtet werden. Hier wird gewissermaßen der eingangs erhobenen Forderung nach Abgaswärme-Ausnutzung eine Grenze gesetzt, die besagt, daß ein Dampfgehalt bei der Braunkohlenkokskühlung nicht auf Kosten eines erhöhten Kohlenstoffabbrandes erfolgen darf.

Von Interesse dürften schließlich noch die ermittelten Wirkungsgrade sein. Das Verhältnis der im Dampf ausgenutzten zu der im Kühlbehälter aus Koks und Abbrand frei gewordenen Wärme liegt bei 83,4% für das Kühlsystem mit Dacheinbauten und bei 81,5% für das mit Glockeneinbauten. Die Kühlerwirkungsgrade, die den Kühleffekt zum Ausdruck bringen, betragen 88,4 bzw. 90,8% ( $\eta_K$  als Verhältnis der vom Koks im Kühler abgegebenen fühlbaren Wärme zur vom Heißkoks eingebrachten fühlbaren Wärme). Den erstgenannten Wirkungsgrad der Kühlanlagen etwa durch Steigerung der Belastung verbessern zu wollen, widerspricht der bereits betonten Notwendigkeit einer in tiefen Temperaturbereichen liegenden Koksaustrittstemperatur. Eine Nachbedüsung ist andernfalls unumgänglich. Ein hoher, auf die Dampferzeugung bezogener Wirkungsgrad ist demnach bei der Braunkohlenkokskühlung keinesfalls der Günstigste. Den Kühlerwirkungsgrad dagegen zu erhöhen liegt im Sinne der Qualitäts- und Leistungssteigerung.

Die Tabellen 1 und 2 beinhalten die Zusammenstellung bestimmter Kenngrößen der untersuchten Kokskühler mit Dach- und Glockeneinbauten. Ich darf besonders auf die in Tabelle 2 enthaltenen Zahlenangaben hinweisen, wo in einem Falle der durch Abbrand entstandene Koksverlust bei 112,5 kg/h und beim Kühler mit Glockeneinbauten bei nur 19,9 kg/h liegt, woraus sich die auf den Koks durchsatz prozentual be-

zogenen Abbrandzahlen von 1,52 bzw. 0,27% ergeben. Die zur Erzeugung des Koksabbrandes eingesaugte Luftmenge liegt in dem einem Falle bei 800, im anderen bei 150 Nm<sup>3</sup><sub>tr</sub>/h.

Es sei mir gestattet, abschließend noch ein Wort zur weiteren Entwicklung der Koksabkühlung in Braunkohlenkokereien zu sagen.

Während beim vorstehend behandelten Verfahren, wie es in Lauchhammer zur Anwendung gekommen ist, der Koks einem vielfachen Sturzprozeß unterworfen ist, wird bei der neueren Entwicklung der unmittelbar verladungsfähige Koks die Verkokungsöfen verlassen. Die Kühlung erfolgt hierbei durch eine Verlängerung des Ofens durch eine eingebaute Kühltasche. Der kontinuierlich durchlaufende Koks gelangt nach Passieren der Entgasungszone in eine Kühltasche, in der von unten das abgekühlte Gas eingeblasen und etwa 2 bis 3 m darüber im erhitzten Zustand wieder abgezogen wird. In der vor dem Ofen stehenden Abhitzeanlage wird das aufgeheizte Gas abgekühlt und die vom glühenden Koks herkommende Wärme nutzbar in Dampf sowie vorgewärmter Verbrennungsluft für den Ofen umgesetzt.

Tabelle 1. Zusammenstellung bestimmter Kenngrößen der untersuchten Koksabkühler

		Koksabkühler mit	
		Dacheinbauten	Glockeneinbauten
Koksdurchsatz	tato	177,6	177,6
Kokseintrittstemperatur (Mittel)	°C	950	850
Koksaustrittstemperatur (Mittel)	°C	160	100
Speisewassermenge	t/h	3,415	2,585
„	t/t Koks	0,462	0,349
Abschlammwassermenge	t/h	0,158	0,062
„	t/t Koks	0,021	0,008
Dampferzeugung	t/h	3,257	2,523
„	t/t/Koks	0,441	0,341
Dampfdruck Mittel	atü	11,6	11,5
„ min	atü	8,0	9,4
„ max	atü	12,6	12,8
Dampf Temperatur	°C	337	285
Enthalpie $i_u$	kcal/kg	745,4	718,7
Speisewassertemperatur	°C	24	32
Kühlwassereintrittstemperatur	°C	17	25
Kühlwasseraustrittstemperatur	°C	40	51
Kühlwassermenge	t/h	12,81	13,7
„	t/t Koks	1,73	1,85
Fühlbare Wärme im Heißkoks	kcal/h	2530,8 · 10 <sup>3</sup>	2214,1 · 10 <sup>3</sup>
Fühlbare Wärme im Kaltkoks	kcal/kg	342,0	299,2
Vom Koks abgegebene Wärme	kcal/h	292,8 · 10 <sup>3</sup>	199,1 · 10 <sup>3</sup>
„	kcal/kg	39,6	26,9
Mit Dampf abgeführte Wärme	kcal/h	2238 · 10 <sup>3</sup>	2015 · 10 <sup>3</sup>
„	kcal/kg	302,4	272,3
Mit Dampf abgeführte Wärme	kcal/h	2349 · 10 <sup>3</sup>	1733 · 10 <sup>3</sup>
„	kcal/kg	317,3	234,3

Tabelle 2. Zusammenstellung bestimmter Kenngrößen der untersuchten Kokskühler

		Kokskühler mit	
		Dacheinbauten	Glockeneinbauten
Mit Kühlwasser abgeführte Wärme	kcal/h	295,0 · 10 <sup>3</sup>	356,0 · 10 <sup>3</sup>
	kcal/kg	39,9	48,1
Mit Abschlammwasser abgeführte Wärme	kcal/h	26,0 · 10 <sup>3</sup>	10,0 · 10 <sup>3</sup>
	kcal/kg	3,5	1,3
Durch Wälzgasverdichtung entstandene Wärme	kcal/h	20,3 · 10 <sup>3</sup>	74,1 · 10 <sup>3</sup>
	kcal/kg	2,7	10,0
Durch Koksabbrand entstandene Wärmemenge	kcal/h	575,7 · 10 <sup>3</sup>	111,9 · 10 <sup>3</sup>
	kcal/kg	77,8	15,1
Durch Abbrand entstandener Koksverlust	kg/h	112,5	19,9
Auf Koksdurchsatz bezogene verbrannte Koksmenge	%	1,52	0,27
Für Koksabbrand eingesaugte Luftmenge	Nm <sup>3</sup> <sub>tr</sub> /h	800,4	150,2
Wälzgasmenge	Nm <sup>3</sup> <sub>tr</sub> /h	23350	20110
Wälzgasanalyse CO <sub>2</sub>	Vol.-%	10,1	8,8
„ O <sub>2</sub>	Vol.-%	1,9	1,1
„ CO	Vol.-%	6,9	3,7
„ H <sub>2</sub>	Vol.-%	1,5	1,8
„ CH <sub>4</sub>	Vol.-%	0,3	0,3
„ N <sub>2</sub>	Vol.-%	79,3	84,3
Gasfeuchtigkeit	g/Nm <sub>33</sub>	20	20
Taupunkt	°C	20	20
Gesamt-Oberflächenwärme	kcal/h	164,0 · 10 <sup>3</sup>	102,0 · 10 <sup>3</sup>
Verlust durch Leitung und Strahlung	kcal/kg	22,2	13,7
Wärmeverlust durch Abgase (Unverbranntes und fühlbare Wärme)	kcal/h	168,5 · 10 <sup>3</sup>	19,5 · 10 <sup>3</sup>
	kcal/kg	22,8	2,6

Wenn auch die vorstehenden Ausführungen sich nicht mit dem letztgenannten technologisch neueren Verfahren der Kokskühlung befassen konnten, so glaube ich doch, daß die durchgeführten Untersuchungen allgemein zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die Trockenkokskühlung beigetragen und insbesondere zur Klärung wichtiger technischer und wirtschaftlicher Fragen bei der Anwendung des Trockenkühlverfahrens im Rahmen der Braunkohlenbrikettverkokung nach BILKENROTH RAMMLER geführt haben.

## Diskussion

*Dipl.-Ing. v. ALBERTI, Dresden:*

Dieses Thema ist in den Sitzungen der Brennstofftechnischen Gesellschaft bisher nur gestreift worden. Herr Dr. SCHÄDLICH hat uns zunächst über die Unterschiede zwischen trockener und nasser Löschung von Koks informiert und uns dann an die in Lauchhammer bisher erfolgten Entwicklungen der Kokskühlung herangeführt. Wir konnten seinen Ausführungen entnehmen, daß die letzte Bauart der Kokskühler mit Glockeneinbauten gegenüber der früheren mit Dacheinbauten wahrscheinlich doch die günstigere Lösung sein dürfte. Darüber hinaus waren seine Hinweise auf physikalische und chemische Ergebnisse seiner Untersuchungen und schließlich noch seine Überlegungen über wirtschaftliche und wärmetechnische Zusammenhänge bei der trockenen Kokskühlung recht interessant. Daß dabei auch neue Meßgrößen ermittelt worden sind, abgesehen von der sehr schönen Wärmebilanz (ich denke dabei an die Wärmeleitfähigkeitszahlen), dürfte in diesem Zusammenhang besonders aufschlußreich gewesen sein.

In Freiberg wird zur Zeit eine größere Arbeit durchgeführt, die sich mit der Feststellung von derartigen Ziffern und Kenngrößen beschäftigt, die für den BHT-Koks sowie verschiedene Kokse und Kohlen noch nicht allgemein bekannt sind. In absehbarer Zeit werden wir auch darüber noch einiges hören. Wie die Entwicklung der Kokskühlung in bezug auf die BHT-Verkokung selbst weitergehen wird, hat Herr Dr. Schädlich in Anlehnung an einen früheren Vortrag von Herrn Dr. Gerlach bereits erwähnt. Es bleibt nun abzuwarten, welche Wege der Bau von Verkokungsanlagen und Verkokungsöfen einschlagen wird und wie sich dann das Kokskühlverfahren mit Dach- oder Glockeneinbauten ändern wird zugunsten einer direkten Kokskühlung im Ofen selbst.

*Prof. Dr. techn. habil. LISSNER, Freiberg:*

Die sehr wertvollen Ausführungen des Herrn Dr. SCHÄDLICH sind für die Beurteilung des Verfahrens recht wichtig und fruchtbringend. Ich habe noch eine Frage. Vor langer Zeit habe ich einmal in Witkowiec (ČSSR) eine trockene Kokskühlung vom Steinkohlenkoks gesehen. Da hat es eine Unmasse feinsten Staubes gegeben. Ich nehme an, daß auch in dem Lauchhammer-Wälzgas und im Abgas sehr viel Staub enthalten ist. Hat man diese Staubmenge irgendwie erfassen können?

Die andere Frage lautet: Es wird offenbar irgend ein Rauchgas und nicht bloß das Wälzgas zur Kühlung verwendet. Nun ist dieses natürlich niemals von ganz gleicher Zusammensetzung. Einmal ist sehr viel Sauerstoff und einmal ist weniger Sauerstoff darin. Ist über dessen Einfluß etwas bekannt?

*Prof. Dr.-Ing. GRUSON, Freiberg:*

An sich gehört meine Frage schon zu dem zweiten Vortrag — aber man kann ruhig die Frage doppelt stellen. Herr Dr. SCHÄDLICH hat sich in einer wirklich sehr schönen Untersuchung grundsätzlich mit den Vorgängen im Trockenkokskühler beschäftigt. Ich glaube, wir können alle, auch von der Steinkohlenseite aus, dafür dankbar sein.

Abgesehen von der Frage, die Herr Prof. LISSNER schon stellte, nach dem Staubanfall, ist hier noch eine Frage offen: Wie stehen hier die effektiven Kosten der Trockenkokskühlung im Verhältnis zum Nutzeffekt?

Wir erzeugen Dampf — aber um den Dampf erzeugen zu können, wenden wir einen beträchtlichen Betrag Energie auf, die wieder mit Dampf an anderer Stelle erzeugt werden muß, d. h. also, wenn wir einmal nüchtern für ein einzelnes Werk rechnen, dann ist, wenn man die Krafterzeugung in Dampf umrechnet, ein Nutzen nicht direkt oder weniger errechenbar.

Selbstverständlich nehmen wir an, der volkswirtschaftliche Nutzen sei gewaltig. Aber wie hoch sind nun die Kosten der Kokskühlung — sagen wir für eine Einheit —, wie wir sie in Lauchhammer kennen. Die harten Kosten für Amortisation und Reparaturen würden mich interessieren sowie die Zeit bis zur völligen Abschreibung.

Dr. SCHÄDLICH, *Lauchhammer*:

Ich darf zunächst auf die Frage des Staubanfalles beim Trockenkühlverfahren eingehen. Der aus dem Umwälgas des Kokskühlers auf der Gebläsesaugseite abgeschiedene Koksstaub wurde zu 231 kg pro Stunde — entsprechend rund 31 kg je t Koks — gemessen, wobei bemerkt sei, daß das Reingas noch einen Staubgehalt von etwa 0,007 kg/Nm<sup>3</sup> aufweist. Der Entstaubungsgrad wurde an dem z. Z. der Untersuchungen vorhandenen Zyklon nur mit etwa 62% ermittelt. Weiterhin wird in diesem Zusammenhang die Korngröße des abgeschiedenen Staubes interessieren. Etwa 38% des Staubes liegen in der Korngröße unter 60  $\mu$ , die mittlere Korngröße bei 0,114 mm. Der Gebläseverschleiß, wenn ich das noch hinzufügen darf, ist durch den hohen Staubgehalt des Umwälgases beträchtlich, konnte jedoch durch Einschaltung der Entstaubungsanlagen wesentlich gemindert werden.

Zur Frage von Herrn Prof. LISSNER, inwieweit der Sauerstoffgehalt im Umwälgas schwankt. Aus der Gegenüberstellung der beiden Kühlsysteme geht hervor, daß ein Umwälgas um so mehr Sauerstoff mit sich führt, je größer die Undichtigkeiten auf der Saugseite der Gebläse sind. Davon hängt auch die Höhe des Kohlenstoffverzehrs ab, der ja beim Kühlertyp mit Dacheinbauten wesentlich über dem des mit Glockeneinbauten lag. Herr Prof. GRUSON stellte die Frage nach den Kosten. Die Kühlkosten für eine t Koks abzüglich der Dampferzeugung wurden mit 4,47 DM unter Einbeziehung der Abschreibungen ermittelt. Lassen wir die Abschreibungen heraus, womit auch gleichzeitig die Frage des Einflusses der Abschreibungen beantwortet sein dürfte, so liegen die Kühlkosten bei etwa 2,29 DM für eine t Koks. Der zeitliche Ausnutzungsfaktor der Kühlanlagen beträgt etwa 88%. Durch Störungen entstanden an den Kühlanlagen Betriebsausfälle, die zwischen 8,5 und 25,5 Stunden je Monat und Kokskühler lagen.

## Versuche zur schonenden Zerkleinerung von Braunkohlenhochtemperaturkoks für die Karbidindustrie

VON ERICH RAMMLER, KARL HEIDE UND WALTER FISCHER, Freiberg

Zur Herstellung von Kalziumkarbid wird in der Deutschen Demokratischen Republik neben Steinkohlenkoks in wachsendem Umfang Braunkohlenhochtemperaturkoks („BHT-Koks“) als „Schwarzmaterial“ eingesetzt. Hierfür wird BHT-Koks mit dem Korngrößenband 3—20 mm (BHT-Koks IV) verlangt. In der Kokerei des VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer wird der BHT-Koks lediglich dem natürlichen Sortenanfall entsprechend klassiert. Die Lieferungen von BHT-Koks IV an die Karbidindustrie sind daher auf etwa 10% der Koksproduktion der Großkokerei Lauchhammer, d. s. etwa 100000 t/Jahr, beschränkt. Da der Einsatz des BHT-Kokes in der Karbidindustrie mancherlei Vorteile bietet, wie geringere Einstandskosten je t Kohlenstoff, Wegfall der Trocknungskosten, Einsparung an Energie und an Kalk [1], so entstand die Aufgabe, zu untersuchen, ob man die gröberen Sorten von BHT-Koks, insbesondere BHT-Koks III (20—30 mm) und BHT-Koks II (30 bis 45 mm), aber auch etwa verfügbare Anteile von BHT-Koks I (+45 mm), so schonend auf 3—20 mm brechen könne, daß der Anfall an Koksgrus von 0—3 mm (BHT-Koks V) möglichst beschränkt wird; denn der Einsatz dieser Sorte in der Industrie ist begrenzt.

Zur Klärung des Verhaltens von BHT-Koks beim Brechen wurden daher kleintechnische Zerkleinerungsversuche an Brechern verschiedener Bauweise angesetzt. Wir gingen dabei von der Voraussetzung aus, daß eine technische Körnung von 3—20 mm (BHT-Koks IV) bis zu 10% Unterkorn (—3 mm) und bis zu 5% Überkorn (+20 mm), insgesamt also 15% Fehlkorn enthalten dürfe. Als optimale Kokskörnung für ihre Schmelzöfen betrachtet die Karbidindustrie eine noch engere Körnung von 5—15 mm mit 10% Unter- und 5% Überkorn. Im Rahmen der Brechversuche sollte zugleich mit untersucht werden, ob Aussichten bestehen, einer solchen Anforderung nachzukommen, ohne daß das Ausbringen an Sollkorn ungebührlich klein und der Anfall an schwer absetzbarem Grus (0—5 mm) untragbar groß würden.

Es galt also — vorerst ohne Rücksicht auf die Durchsatzfähigkeit — festzustellen, welche der gängigen Arten von Brechern sich im Hinblick auf das Verhalten von BHT-Koks beim Brechen als am besten für die Lösung der gestellten Aufgabe erweisen würden. Die Zerkleinerungsversuche wurden daher auf Backenbrecher, Stachelwalzwerk, Nockenwalzwerk und Kegelbrecher erstreckt. Sie wurden mit den in der Kokerei Lauchhammer anfallenden Sorten I (+45 mm), II (30—45 mm) und III (20—30 mm) durchgeführt. Zwar stand dabei die Sorte III (20—30 mm), von der beträchtliche Anteile in die öffentliche Versorgung gehen, also weniger für metallurgische und chemische Zwecke Verwertung finden, im Vordergrund, doch war,

da der Anfall dieser Sorte ebenfalls beschränkt ist, klar, daß auch Anteile der Sorten 30—45 und +45 mm einbezogen werden müssen, wenn man eine durchgreifende Verbesserung der Versorgung der Karbidindustrie mit BHT-Koks erreichen will.

### Zur Methodik der Versuche

Es war von vornherein nicht zu erwarten, daß man in einem einzigen Durchgang des Kokes durch die Zerkleinerungsmaschine die Forderung möglichst schonender Zerkleinerung, d. h. tunlichst geringer Bildung von Grus ( $-3$  mm), und die Forderung, den Überkorngehalt im gebrochenen Gut auf höchstens 5% einzuschränken, erfüllen könne. Vielmehr mußte man damit rechnen, daß das gebrochene Gut im ersten Durchgang noch einen zu hohen Anteil an Korn über 20 mm haben würde, so daß es nötig wäre, diesen aus dem gebrochenen Gut auszusieben und ein zweites Mal zu zerkleinern; ein kleiner Prozentsatz des Gutes +20 mm würde vielleicht sogar ein drittes Mal die Zerkleinerungseinrichtung durchlaufen müssen.

Es war also anzunehmen, daß man mit Kreislauf zwischen Brecher und Sieb arbeiten müsse, wobei es offenbar eine optimale Spaltweite des Brechers, abhängig von der Brecherkonstruktion, geben würde, bei der das Sollgutausbringen am besten, der Anfall an Koksgrus mithin am kleinsten sein würde. Daher mußte bei jeder Brecherart die Weite des Brechspaltes in genügend weiten Grenzen variiert werden.

Dem Zerkleinerungsprodukt wurde ein Durchschnittsmuster entnommen, das der Siebanalyse unterworfen wurde, so daß seine Körnungskurve vollständig aufgezeichnet werden konnte. Hierzu wurden die Siebe mit 0,06; 0,12; 0,25; 0,5 und 1,0 mm Quadratmaschenweite nach DIN 1171 und die Siebe mit 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 20; 25; 30 und, sofern erforderlich, 40; 45 und 50 mm Rundlochweite nach DIN 1170 benutzt. Zur Charakterisierung des Zerkleinerungserfolges wurden die den Kornklassen 0—3; 3—20 und +20 mm bzw. 0—5; 5—15 und +15 mm zugeordneten Fraktionen errechnet. Die Anteile von 3—20 bzw. 5—15 mm werden als Sollgut oder Sollkorn bezeichnet, die Anteile von 0—3 bzw. 0—5 mm als Grus, Grusanfall oder Unterkorn, die Anteile über 20 bzw. 15 mm als (nicht genügend gebrochenes) Restgut oder Überkorn. Ferner wurde die mittlere Korngröße MK des gesamten zerkleinerten Gutes und des Sollgutes ( $MK_{3-20}$  bzw.  $MK_{5-15}$ ) ermittelt.

Bei den Versuchen am Stachelwalzwerk, am Nockenwalzwerk und am Flachkegelbrecher Typ I wurde aus dem Zerkleinerungsprodukt der Anteil +20 mm ausgesiebt und ein zweites Mal dem Brecher aufgegeben. Nach dem zweiten Durchgang wurde erforderlichenfalls der verbliebene Rest des Kornes +20 mm nochmals ausgesiebt und abermals zerkleinert. Während die Kornzusammensetzung des Zerkleinerungsproduktes des ersten Durchganges sich direkt durch die Siebanalyse ergab, wurde die Kornzusammensetzung des gesamten Zerkleinerungsproduktes des ersten + zweiten Durchganges aus dem Anteil und der Siebanalyse 0—20 mm des ersten Durchganges und dem Anteil +20 mm des ersten Durchganges sowie der Siebanalyse des zweiten Durchganges errechnet. Wurde abermals nachzerkleinert, so wurde die endgültige Kornzusammensetzung aus den Anteilen  $-20$  mm des ersten und zweiten Durchganges und ihren Siebanalysen sowie dem Anteil und der Siebanalyse des Gutes vom dritten Durchgang rechnerisch ermittelt.

Ist  $(R_1)_{20}$  in Prozent der Anteil über 20 mm im gebrochenen Gut nach dem ersten Durchgang und sind  $(f_1)_1, (f_1)_2 \dots (f_1)_i \dots (f_1)_n$  die Fraktionen, die die Siebanalyse dieses Gutes liefert, sind ferner  $(f_2)_1, (f_2)_2 \dots (f_2)_i \dots (f_2)_n$  die Fraktionen, die die Siebanalyse nach der Weiterzerkleinerung von  $(R_1)_{20}$ , also nach dem zweiten Durchgang, liefert, so ist die Siebanalyse des Gesamtgutes nach dem zweiten Durchgang fraktionsweise zu errechnen nach:

$$\begin{aligned} \frac{100 - (R_1)_{20}}{100} \cdot (f_1)_1 + \frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_1 &= (f_{1,2})_1 \\ \frac{100 - (R_1)_{20}}{100} \cdot (f_1)_2 + \frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_2 &= (f_{1,2})_2 \\ &\vdots \\ \frac{100 - (R_1)_{20}}{100} \cdot (f_1)_i + \frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_i &= (f_{1,2})_i \\ &\vdots \\ \frac{100 - (R_1)_{20}}{100} \cdot (f_1)_{15-20} + \frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_{15-20} &= (f_{1,2})_{15-20} \\ &\frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_{20-25} = (f_{1,2})_{20-25} \\ &\frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_{25-30} = (f_{1,2})_{25-30} \\ &\vdots \\ &\frac{(R_1)_{20}}{100} \cdot (f_2)_n = (f_{1,2})_n \end{aligned}$$

Aus dem Schema ist ersichtlich, daß man nach der letzten Fraktion, die vor der Trenngrenze 20 mm liegt, anders rechnen muß als vorher.

Ist  $(R_2)_{20}$  in Prozent der Anteil über 20 mm nach dem zweiten Durchgang, in Prozent des Ausgangsgutes, und sind  $(f_3)_1, (f_3)_2 \dots (f_3)_i \dots (f_3)_n$  die Fraktionen, die die Siebanalyse nach der weiteren Zerkleinerung von  $(R_2)_{20}$ , also nach dem dritten Durchgang, liefert, so ist die Siebanalyse des gesamten Brechproduktes nach dem dritten Durchgang wiederum fraktionsweise zu errechnen nach:

$$\begin{aligned} \frac{100 - (R_2)_{20}}{100} \cdot (f_{1,2})_1 + \frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_1 &= (f_{1,2,3})_1 \\ \frac{100 - (R_2)_{20}}{100} \cdot (f_{1,2})_2 + \frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_2 &= (f_{1,2,3})_2 \\ &\vdots \\ \frac{100 - (R_2)_{20}}{100} \cdot (f_{1,2})_i + \frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_i &= (f_{1,2,3})_i \\ &\frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_{15-20} = (f_{1,2,3})_{15-20} \\ &\frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_{20-25} = (f_{1,2,3})_{20-25} \end{aligned}$$

Bergakademie  
Freiberg i. Sa.

$$\begin{aligned} \frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_{25-30} &= (f_{1,2,3})_{25-30} \\ &\vdots \\ \frac{(R_2)_{20}}{100} \cdot (f_3)_n &= (f_{1,2,3})_n \end{aligned}$$

Dieses Schema ist in gleicher Weise aufgebaut wie das oben dargelegte, so daß sich weitere Erläuterungen erübrigen.

Die gewählte Art der Zerkleinerung in Stufen würde, ins Technologische übersetzt, bedeuten, daß man das Brechprodukt des Brechers 1 auf einem Sieb 2 absiebt und den Überlauf des Siebes (Rückstand +20 mm), oben mit  $(R_1)_{20}$  bezeichnet, einem Brecher 3 aufgibt. Das Zerkleinerungsprodukt  $B$  des Brechers 3 würde wiederum einem Sieb 4 aufgegeben; der Überlauf, oben mit  $(R_2)_{20}$  bezeichnet, würde auf einem Brecher 5 abermals gebrochen werden. Nun würden die Durchgänge von Sieb 2  $[(D_1)_{20}]$ , von Sieb 4  $[(D_2)_{20}]$  und das Brechgut des Brechers 5 zum Endgut vereint. Ein solches technologisches Verfahren wäre unnötig kompliziert. Man wird vielmehr im Kreislauf arbeiten, d. h. den Überlauf des dem Brecher 1 nachgeschalteten Siebes 2 wieder auf den Brecher 1 aufgeben und es auf diesem gemeinsam mit dem Frischgut vereinigen. Bezeichnet man die Menge des Aufgabegutes mit 100%, so ist der Durchsatz des Brechers  $[100 + (R_1)_{20} + (R_2)_{20}]$ ; sie stellt die Umlaufzahl dar, wobei noch die Voraussetzung gemacht ist, daß der Siebgütegrad 100% beträgt. Bei diesem Kreislaufverfahren sind die Zerkleinerungsbedingungen für das Rücklaufgut  $(R_1)_{20}$  und  $(R_2)_{20}$ , da diese Anteile sozusagen eingebettet im Frischgutstrom der Zerkleinerungswirkung unterliegen, etwas anders als bei dem oben erläuterten Schema, nach dem unsere Brechversuche vorgenommen wurden. Man darf aber annehmen, daß die daraus resultierenden Abweichungen in der Kornzusammensetzung des gebrochenen Gutes gering sein werden.

Der Zweck unserer Brechversuche ist, aus den Kokssorten III, II und I die Koksart IV mit dem nominellen Korngrößenband von 3—20 mm herzustellen. Nun stellt eine Sorte tatsächlich nicht ein nach oben und unten scharf begrenztes Korngrößenband dar, sondern sie darf — bedingt dadurch, daß der technische Siebvorgang einen von 100% abweichenden Siebgütegrad hat — Unter- und Überkorn aufweisen. In dieser Arbeit gehen wir davon aus, daß eine Sorte — eine „technische Körnung“ — 10% Unter- und 5% Überkorn, zusammen also 15% Fehlkorn enthalten darf. Ist  $F_{3-20}$  in Prozent der aus der Siebanalyse errechnete Anfall an Korn von 3—20 mm im gebrochenen Gut, so ist also

$$S_{3-20} = \frac{F_{3-20}}{0,85} \quad [\%] \quad (1)$$

der zugehörige Anfall an der technischen Körnung, nämlich der Sorte IV. Davon sind

$$0,1 \cdot S_{3-20} \quad [\%]$$

Unterkorn von 0—3 mm und

$$0,05 \cdot S_{3-20} \quad [\%]$$

Überkorn +20 mm.

Ergibt die Siebanalyse des gebrochenen Gutes einen Grusanfall von  $F_{0-3}$  % und einen Restgutanteil von  $F_{+20}$  %, so ist:

$$\Delta F_{0-3} = F_{0-3} - 0,1 S_{3-20} = F_{0-3} - \frac{0,1}{0,85} \cdot F_{3-20} \quad (2)$$

der verbleibende Überschuß an Grus bzw. Unterkorn und

$$\Delta F_{+20} = F_{+20} - 0,05 S_{3-20} = F_{+20} - \frac{0,05}{0,85} \cdot F_{3-20} \quad (3)$$

der verbleibende Überschuß an Restgut (nicht genügend gebrochenem Gut) bzw. Überkorn. Man führt zweckmäßig die Rechenprobe:

$$S_{3-20} + \Delta F_{0-3} + \Delta F_{+20} = 100\% \quad (4)$$

durch. Wird  $\Delta F_{+20}$  negativ, so geht sämtliches Restgut als Überkorn in die durch das Brechen zu erzeugende Sorte IV ein. Es ist dann wie folgt zu rechnen:

$$S_{3-20} = \frac{F_{3-20} + F_{+20}}{0,9} \quad (5)$$

Es wird also:

$$\Delta F_{0-3} = F_{0-3} - 0,1 \cdot S_{3-20} = F_{0-3} - \frac{0,1}{0,9} \cdot (F_{3-20} + F_{+20}) \quad (6)$$

$\Delta F_{+20}$  ist gleich 0 zu setzen (Formel 3 wird ungültig). Der Anteil des Überkornes in der Sorte IV ist nun kleiner als 5%, nämlich

$$\frac{F_{+20}}{S_{3-20}} \cdot 100 = \frac{F_{+20}}{F_{3-20} + F_{+20}} \cdot 90 \quad [\%]. \quad (7)$$

Die Rechenprobe lautet:

$$S_{3-20} + \Delta F_{0-3} = 100 \quad [\%]. \quad (8)$$

Dieser Fall kam bei der Auswertung unserer Versuche mehrfach vor.

Würde  $\Delta F_{0-3}$  (nach Gl. 2) negativ werden, so ginge sämtlicher Grus als Unterkorn in die gewünschte Sorte IV über. Es wäre dann folgendermaßen zu rechnen:

$$S_{3-20} = \frac{F_{3-20} + F_{0-3}}{0,95} \quad (9)$$

$\Delta F_{0-3}$  wäre gleich 0 zu setzen (Formel 2 wird ungültig). Es würde

$$\Delta F_{+20} = F_{+20} - 0,05 S_{3-20} = F_{+20} - \frac{0,05}{0,95} \cdot (F_{3-20} + F_{0-3}). \quad (10)$$

Der Anteil an Unterkorn in der Sorte IV wäre nun kleiner als 10%; er betrüge:

$$\frac{F_{0-3}}{S_{3-20}} \cdot 100 = \frac{F_{0-3}}{F_{3-20} + F_{0-3}} \cdot 95 \quad [\%]. \quad (11)$$

Die Rechenprobe würde lauten:

$$S_{3-20} + \Delta F_{+20} = 100 \quad [\%]. \quad (12)$$

Die Anwendung der Konditionalform in vorstehender Ableitung deutet schon an, daß dieser Fall bei unseren Brechversuchen tatsächlich nicht eintrat. Der Brechvorgang lieferte vielmehr stets mehr Grus, als in der technischen Körnung als Unterkorn untergebracht werden konnte.

Alle abgeleiteten Beziehungen lassen sich auch anwenden, wenn die durch das Brechen herzustellende Sorte 5—15 statt 3—20 mm beträgt. Es ist dann überall 3 durch 5 und 20 durch 15 zu ersetzen. Bei der Berechnung der Körnungscharakteristiken nach dem zweiten und dritten Durchgang ist die Grenzkornklasse nicht mehr 15—20, sondern 10—15 mm.

### Zerkleinerungsversuche mit dem Backenbrecher

ROSIN und RAMMLER [2] haben durch Auswertung von Zerkleinerungsversuchen von ANDREASEN [3] gezeigt, daß der Backenbrecher eine U-förmige Verteilungskurve liefert, d. h., daß einerseits Feinstes als Abrieb gebildet wird, andererseits eine Häufung nach einer der Spaltweite naheliegenden Korngröße stattfindet, während die mittleren Korngrößen gleichmäßig, aber mit verhältnismäßig zurücktretendem Anteil vertreten sind. Der Backenbrecher kann aber auch Verteilungskurven liefern, bei denen sich an dem fallenden linken Ast eine Maximumkurve mit weit nach rechts, d. h. nach hohen Korngrößen verlagertem Maximum anschließt. Sowohl nach dem Korngrößenbereich, für den der Backenbrecher überhaupt geeignet ist, wie auch wegen der geschilderten Art der Kornverteilungskurve war kaum anzunehmen, daß dieser Brechertyp für das Brechen von BHT-Koks in Betracht kommen würde. Von vornherein wurden daher die Versuche am Backenbrecher auf einmaligen Durchgang der Kokssorte I (+45 mm) beschränkt.

Der zur Ausrüstung des Institutes für Technische Brennstoffverwertung gehörende kleine Einschwingen-Backenbrecher hatte eine lichte Maulbreite von 150 mm und eine obere größte Maulweite von ca. 100 mm, von Schneide zu Schneide gemessen (Bild 1). Der Brechraum ist 220 mm hoch. Die feste Brechbacke hat  $4 + 2 \cdot \frac{1}{2}$  senkrecht stehende dreiseitig-prismatisch gestaltete Brechschneiden; die bewegliche Brechbacke hat 5 solcher Schneiden, die zu denen der festen Backe versetzt angeordnet sind. Die Breite der Rillen zwischen den Schneiden ist 28, ihre Tiefe 14 mm.

Die Weite des Spaltes, durch den das Gut den Brechraum verläßt, ist im Bereich 25/39 bis 30/47 mm einstellbar, wobei die beiden Zahlen jeweils den kleinsten und größten Abstand der Brechbacken angeben. Das untere Ende der beweglichen Brechbacke legt also nur Wege von 14 bis 17 mm zurück. Die Drehzahl der Maschine betrug 275 U/min.

Je Versuch wurden 50 kg BHT-Koks Sorte I (+45 mm) aufgegeben. Die Spaltweite wurde in den Stufen 25/39; 26/41; 27/43; 28/45 und 30/47 variiert. Indessen lag die Stückgröße der Sorte I bereits an der Grenze der Einzugsfähigkeit des Backenbrechers. Die flachen Koksformlinge stauten sich manchmal in dem engen Schacht im unteren Teil des Brechraumes, so daß gestochert werden mußte. Hierdurch sind wahrscheinlich die Zerkleinerungsergebnisse beeinflußt worden.

In Bild 2 sind die Körnungskurven in Durchgangsform wiedergegeben. Sie zeigen durchweg den gleichen typischen Verlauf. Im Bereich der kleinsten Korngrößen steigen sie zunächst steil an, verflachen sich dann, durchlaufen einen Wendepunkt, steilen sich wieder auf, um nach einem zweiten Wendepunkt sich asymptotisch dem Ordinatenwert 100% zu nähern. Diesem Verlauf entspricht der oben geschilderte

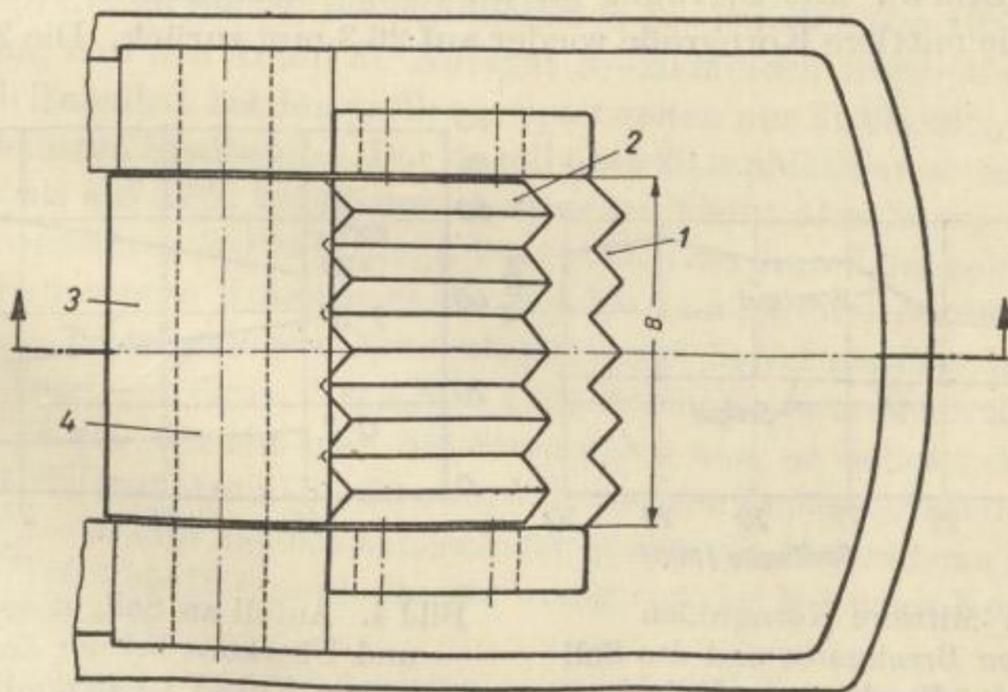
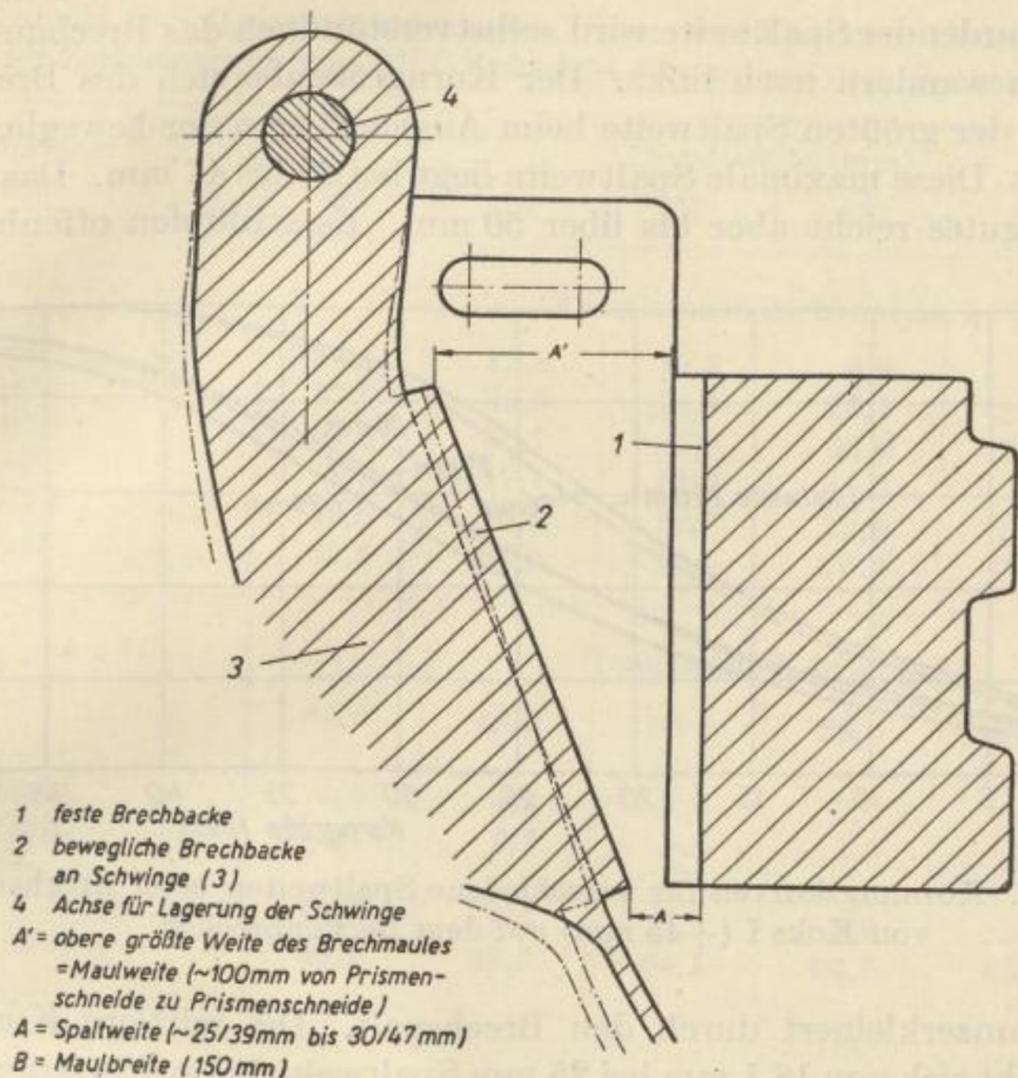


Bild 1. Backenbrecher (Versuchsaggregat im Institut für Technische Brennstoffverwertung)

zweite Typ der Kornverteilungskurve. Denkt man sich die Kurven des Bildes 2 graphisch differenziert, so ist ohne weiteres klar, daß die Kornverteilungskurve links mit einem fallenden Ast beginnt, ein Minimum durchläuft, bis zu einem Maximum ansteigt, um schließlich wieder zu fallen und der Nullgrenze zuzustreben.

Mit kleiner werdender Spaltweite wird selbstverständlich das Brechgut feiner, die Körnungskurven wandern nach links. Der Korngrößenbereich des Brechgutes ist noch größer, als der größten Spaltweite beim Ausschwingen der beweglichen Brechbacke entspricht. Diese maximale Spaltweite liegt bei 39 bis 47 mm. Das Körnungsband des Brechgutes reicht aber bis über 50 mm. Es schlüpfen offenbar einzelne

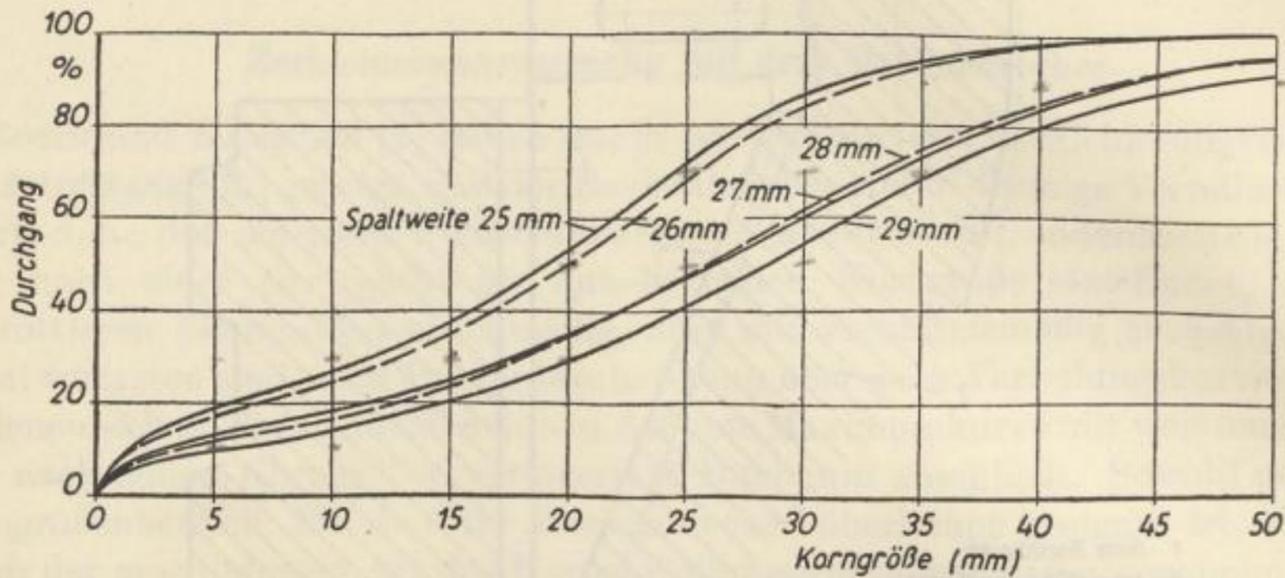


Bild 2. Körnungskurven für verschiedene Spaltweiten beim Brechen von Koks I (+45 mm) auf dem Backenbrecher

Koksformlinge unzerkleinert durch den Brechspalt. Die mittlere Korngröße des Brechgutes erhöht sich von 18,1 mm bei 25 mm Spaltweite bis auf 28,0 mm bei 29 mm Spaltweite (Bild 3). Die Streuung ist allerdings beträchtlich; so fällt bei 30 mm Spaltweite die mittlere Korngröße wieder auf 26,3 mm zurück. Die Zahlen der mitt-

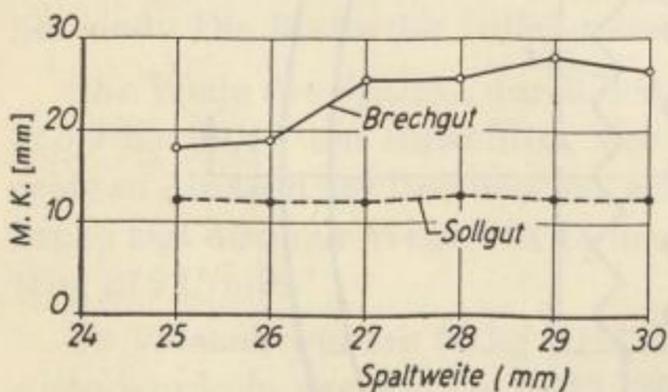


Bild 3. Mittlere Korngrößen des gesamten Brechgutes und des Sollgutes beim Brechen von Koks I (+45 mm) auf dem Backenbrecher

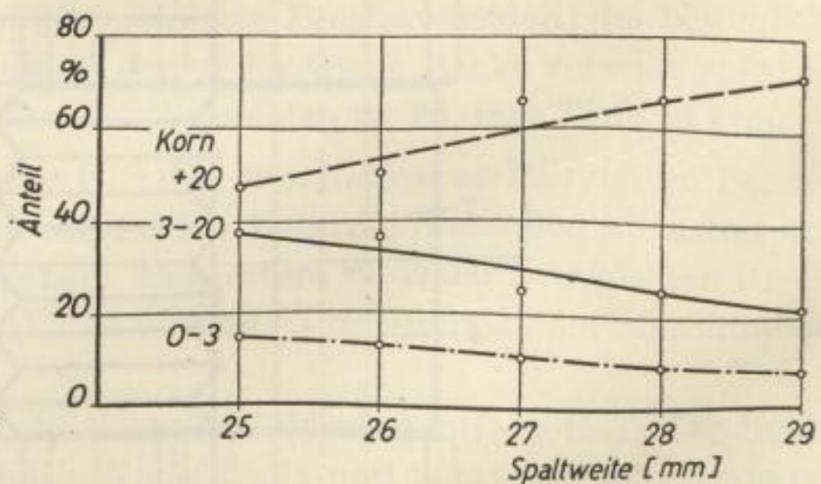


Bild 4. Anfall an Sollgut sowie an Unter- und Überkorn bei der Zerkleinerung von Koks I (+45 mm) auf dem Backenbrecher

leren Korngröße des Brechgutes zeigen bereits, daß der Brecheffekt unzureichend ist; denn selbst bei der kleinsten Spaltweite von 25 mm liegt die mittlere Korngröße des Brechgutes mit 18 mm nahe der oberen Berandungskorngröße des gewünschten Bereiches des Brechgutes von 3 bis 20 mm; ab 27 mm Spaltweite bewegt sie sich oberhalb von 20 mm.

Tabelle 1. Sollgutausbringen sowie Unter- und Überkorn-Überschuß bei der Zerkleinerung von BHT-Koks I (+45 mm) auf dem Backenbrecher

Kornklasse mm	Spaltweite (mm)					
	25	26	27	28	29	30
	Anteile nach Siebanalyse in %					
0—3	14,8	12,8	10,3	8,9	7,4	8,5
3—20	37,9	36,5	24,1	25,1	21,5	24,7
+20	47,3	50,7	65,6	66,0	71,1	66,8
0—5	18,9	17,1	12,9	11,2	9,5	11,1
5—15	18,6	19,0	12,7	12,6	10,7	12,4
+15	62,5	63,9	74,4	76,2	79,8	76,5
	Technische Körnung %					
3—20 mm*	44,6	43,0	28,4	29,6	25,3	29,1
davon						
zuläss. — 3 mm	4,5	4,3	2,8	3,0	2,5	2,9
zuläss. +20 mm	2,2	2,2	1,5	1,5	1,3	1,5
Überschuß an						
Unterkorn — 3 mm	10,3	8,5	7,5	5,9	4,9	5,6
Überkorn +20 mm	45,1	48,5	64,1	64,5	69,8	65,3

Der Zentralwert, d. h. die Korngröße, die die Gutmenge hälftig teilt, liegt bei den größten Spaltweiten um 26 bis 29, bei den kleinsten Spaltweiten um 19 bis 20 mm. Hieraus folgt schon, daß der Anteil an Nutzgut 3—20 mm im Brechprodukt klein ist; er beträgt nach Tabelle 1 bei den größeren Spaltweiten nur 21 bis 25% und steigt auf 38% bei der kleinsten Spaltweite. Der Anteil über 20 mm fällt zwar von 71% für 29 mm Spaltweite bis auf 47% bei 25 mm Spaltweite, bleibt aber hoch. Durch die Eigenart der Kornverteilungskurve bedingt, bewegt sich der Anteil des beim Brechen entstehenden unerwünschten Koksgruses von 7,4 bis 14,8% (letzterer Wert für die kleinste Spaltweite). Trotz geringem Nutzgutausbringen liefert also der Backenbrecher beträchtliche Anteile an Grus. Nach Bild 4 nimmt der Grusanteil mit abnehmender Spaltweite linear zu. Gleicht man die Streuungen aus, so besteht der gleiche Sachverhalt für den Sollgut-Anteil 3—20 mm, während der Restgut-Anteil linear abfällt. Das Nutzgut 3—20 mm hat bei wechselnder Spaltweite eine nahezu konstante mittlere Korngröße (12,3 bis 12,8 mm), die nur wenig von der Mitte des Korngrößenbandes entfernt ist (Bild 3).

Selbst wenn man das angegebene Ausbringen von 3—20 mm auf effektives Nutzgut umrechnet, indem man das zulässige Über- und Unterkorn hinzufügt, kommt man im Falle der engsten Spaltweite nur auf einen Nutzgutanteil von allenfalls 45%, wobei aber schon mehr als 10% auf Korn 0—3 mm entfallen. Ganz undiskutabel würden die Werte des Ausbringens, wenn man auf eine Sorte 5—15 mm als Karbidkoks zukommen wollte (Tabelle 1).

\* einschl. 5% zulässiges Korn +20 mm und 10% zulässiges Korn —3 mm.

Bild  
3

Die Vorschaltung eines Backenbrechers als Vorbrechstufe für die Sorte +45 mm würde auch keine Vorteile bringen, da das Ausmaß der erzielbaren Korngrößenreduktion zu gering, aber der dabei auftretende Anfall an unerwünschtem Gruskorn von 0—3 mm bereits zu hoch ist.

### Zerkleinerungsversuche an Stachelwalzwerken

Das Stachelwalzwerk schien von vornherein die besten Aussichten für eine schonende Zerkleinerung des BHT-Kokses zu bieten. Daher wurde zunächst eine Serie von Kleinversuchen an einem Walzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung der Bergakademie Freiberg vorgenommen; anschließend ging man auf Versuche an einem größeren Stachelwalzwerk auf dem Versuchsstand des VEB Zemag, Zeitz, über.

Brechversuche auf dem Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung.

Das im genannten Institut befindliche Stachelwalzwerk ist mit zwei Stachelwalzen von je 470 mm Länge und 100 mm Walzendurchmesser ausgerüstet. Auf die Walzen sind mit je 9 Stacheln besetzte Ringe gegeneinander versetzt aufgezogen. Die pyramidenförmigen Stacheln haben quadratische Grundfläche mit 20 mm Seitenlänge und sind 12 mm hoch. Wie üblich ist die eine Walze als Festwalze ausgebildet, die zweite verstellbar und beweglich gelagert. Die engste Spaltweite beträgt 30 mm, gemessen von Walze zu Walze, bzw. etwa 15 mm von der Walze bis zur gegenüberliegenden Stachelspitze. Die nächste Einstellung ist 32/18 mm. Vorversuche zeigten aber, daß für das vorliegende Problem der Herstellung einer Körnung von 3—20 mm nur die engste Spaltweite in Frage kommt.

Nach einem Vorversuch mit einem im Spülgasverkokungsverfahren in der Versuchskokerei Siegmars erzeugten BHT-Koks aus Spreetal-Kohle ging man auf Koks der Kokerei Lauchhammer über. Die angelieferte Sorte I (+45 mm) führte 20% Unterkorn, wovon jedoch nur 0,9% unter 20 mm lagen. Die Sorte II (30—45 mm) hatte im Anlieferzustand rund 25,6% Unterkorn, wovon aber nur 4,7% unter 20 mm waren. Die Sorte III (20—30 mm) führte 40% Unterkorn, wovon mehr als die Hälfte auf die Kornklasse 15—20 mm entfiel. Daher wurde diese Sorte vor dem Zerkleinerungsversuch vom Unterkorn durch Nachsieben befreit.

Das Brechen des Kokses aus Spreetal-Kohle, der der Sorte 20—30 mm entsprach, führte im ersten Durchgang auf einen Sollgutanfall an Korn 3—20 mm von 42% und im zweiten Durchgang auf einen gesamten Sollgutanfall von 62% (Tabelle 2). Auch nach dem zweiten Durchgang waren noch über 30% der Gutmenge über 20 mm. Der Anfall an Korn von 0—3 mm stieg von 5,5 nach dem ersten auf 7,4% nach dem zweiten Durchgang. Rechnet man den zur Kornklasse 3—20 mm gehörigen Anfall von 61,8% durch Division mit 0,85 auf eine technische Körnung mit 10% Unter- und 5% Überkorn um, so käme man auf ein Sollgutausbringen von 72,7% mit 7,3% Anteil unter 3 mm und 3,6% über 20 mm. Hiernach könnte also der Grusanfall 0—3 mm restlos als Unterkorn in der Sorte IV (3—20 mm) untergebracht werden — ein sehr erwünschter Zustand —, während ein Restgutanfall von rund 27% verbliebe. Hieraus ist schon ersichtlich, wie wichtig die Entscheidung der Frage ist, ob ein restloses Bre-

Tabelle 2. Zerkleinerung von BHT-Koks Sorte III (20—30 mm) aus Spreetal-Kohle, im Spülgasverkokungsverfahren in der Versuchskokerei Siegmars hergestellt, auf dem Stachelwalzwerk des Instituts für Technische Brennstoffverwertung, Freiberg

	1. Durchgang (gesamt)	1. D. (0—20 mm) + 2. D.
Korngröße mm	Siebdurchgänge %	
3	5,5	7,4
5	7,6	10,3
15	23,9	32,2
20	47,7	69,2
25	69,6	88,8
30	94,7	98,2
Kornklasse mm	Fraktionen in %	
0—3	5,5	7,4
3—20	42,2	61,8
+20	52,3	30,8
0—5	7,6	10,3
5—15	16,3	22,9
+15	16,1	66,8
	Technische Körnung %	
3—20 mm	49,7	72,7
davon zul. — 3 mm	5,0	7,3
+20 mm	2,5	3,6
Überschuß an — 3 mm	0,5	0,1
+20 mm	49,8	27,2

chen einer Sorte, z. B. 20—30 mm, erreicht werden soll, oder ob es zulässig ist, einen Rest zu belassen. Wenn für eine Sorte ohnedies ein anderweitiger Absatz noch vorgesehen ist, ist es zweckmäßig, den gesamten Anfall zu brechen und für diesen Absatz das ungenügend gebrochene Restgut zu verwenden. Bei dieser Verfahrensweise dürfte weniger Grus von 0—3 mm entstehen, als wenn man einen Teil der betreffenden Sorte restlos im Kreislauf bis auf 0—20 mm brechen und den anderen Teil im Originalzustand verkaufen würde.

Ein weiterer Versuch wurde mit der von der Kokerei Lauchhammer gelieferten *BHT-Kokssorte III (20—30 mm)* durchgeführt, wobei drei Brechgänge angewandt wurden derart, daß, wie oben beschrieben, das Überkorn +20 mm vom ersten Brechgang abermals aufgegeben wurde, worauf das noch verbliebene Überkorn erneut ausgesiebt und wiederum zerkleinert wurde. Bild 5 zeigt die Körnungskurven des jeweiligen Gesamtgutes der drei Brechstufen und läßt die allmähliche Verfeinerung erkennen. Der Zentralwert geht von 20,2 über 16,8 auf 15,6 mm. Die Körnungskurven haben im übrigen eine ähnliche Form wie beim Backenbrecher. Sie steigen im

Bild 4

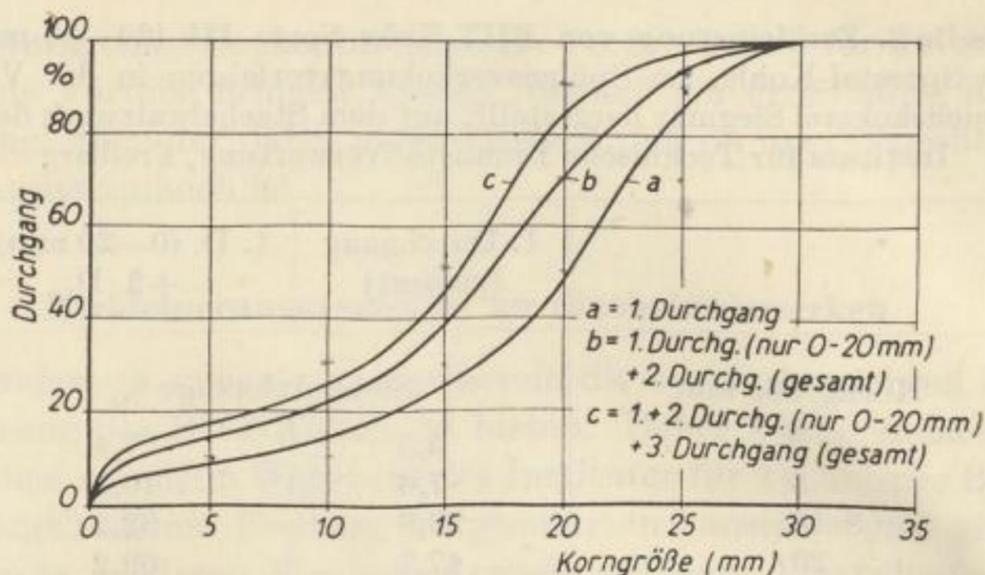


Bild 5. Körnungskurven des auf dem Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung gebrochenen Gutes aus BHT-Koks Sorte III (20–30 mm) bei mehrmaligem Durchgang (engste Spaltweite)

Bereich der kleinsten Korngrößen zunächst schroff an, verflachen dann, gehen über einen Wendepunkt aus der — von der Abszissenachse aus gesehen — konkaven Form

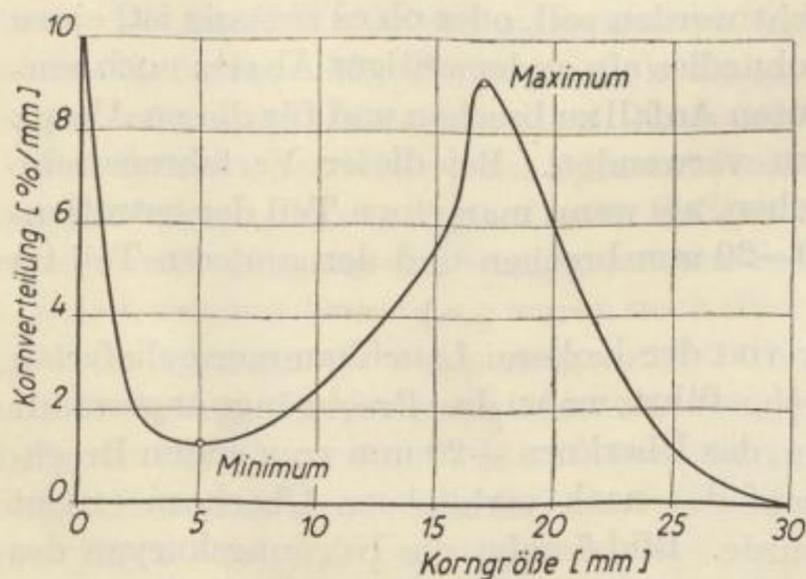
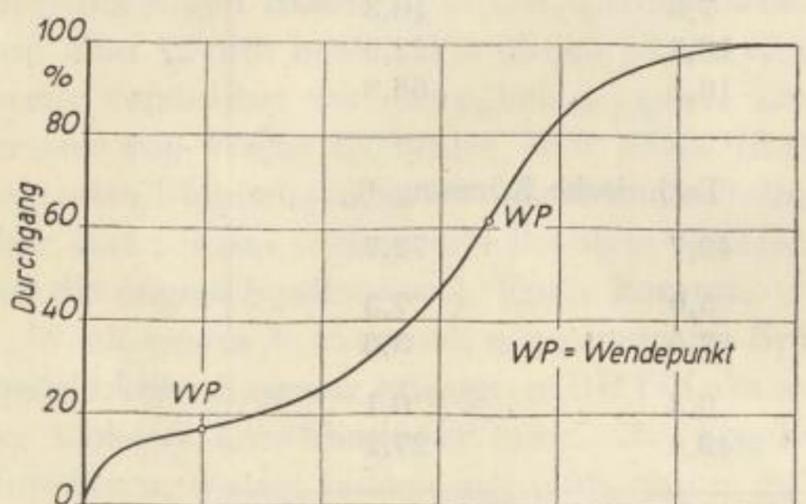


Bild 6. Durchgangs- und Kornverteilungskurve beim Brechen von BHT-Koks III nach dreimaligem Durchgang auf dem Stachelwalzwerk

in die konvexe Form über, durchlaufen abermals einen Wendepunkt, um sich dann asymptotisch der Waagerechten bei  $D = 100\%$  zu nähern. Die Kornverteilungskurve ist daher auch bei dem untersuchten Walzwerk eine Aneinanderreihung einer steil abfallenden, maximumlosen Kurve, die man als Abriebkurve bezeichnen könnte, und einer breiten Verteilung mit ausgeprägtem Maximum, die die eigentliche Zerkleinerungskurve darstellt. Beide Teile der gesamten Verteilungskurve gehen über ein Minimum ineinander über. Bild 6 zeigt den Zusammenhang zwischen Durchgangs- und Kornverteilungskurve, wobei als Beispiel die Kurve c von Bild 5 gewählt ist.

Der Sollgutanteil 3–20 mm im Brechgut wächst von 40,5% beim ersten über 57,9% beim zweiten auf 69,1% beim dritten Durchgang (Bild 7 und Tabelle 3). In gleicher Folge geht der Anteil +20 mm von 52,3 über 30,1 auf 16,6% zurück.

Tabelle 3. Hauptergebnisse der Zerkleinerung der BHT-Kokssorten I—III auf dem Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung

Kokssorte	I (+45 mm)			II (30—45 mm)			III (20—30 mm)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kornklasse mm									
0—3	13,8	18,6	21,0	9,8	13,0	15,5	7,2	12,0	14,4
3—20	31,6	48,5	59,3	29,9	49,8	61,4	40,5	57,9	69,1
+20	54,6	32,9	19,7	60,3	37,2	23,1	52,3	30,1	16,6
MK <sub>gesamt</sub> mm	18,1	14,4	13,5	20,4	16,3	14,2	18,4	15,4	12,6
MK <sub>3—20</sub> mm	12,9	12,5	12,8	13,1	13,8	13,8	14,3	14,3	14,3
mm									
0—5	16,7	22,7	25,5	11,9	15,6	18,8	8,7	14,3	17,0
5—15	18,0	27,5	32,3	15,1	22,3	27,4	16,7	24,2	28,6
+15	65,3	49,8	42,2	73,0	62,1	53,8	74,6	61,5	54,4

Die Verbesserung der Zerkleinerungswirkung durch die Rezyklierung des Überkornes über 20 mm muß allerdings durch einen Anstieg der Grusbildung von 7,2 über 12,0 auf 14,3% erkauft werden. Die Umrechnung auf die technische Körnung für den dritten Durchgang ergibt nach Tabelle 4 ein Ausbringen von 81,3% von der Sollkörnung 3—20 mm. Hiervon sind 8,1% Unter- und 4,1% Überkorn, so daß ein Rest von

Tabelle 4. Ausbringen an technischer Körnung (Sorte IV) bei Zerkleinerung der BHT-Kokssorte I—III auf dem Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung (engste Spaltweite; 3maliger Durchgang)

Kokssorte	I (+45 mm)	II (30—45 mm)	III (20—30 mm)
Kornzusammensetzung nach Siebanalyse			
0—3 mm %	21,0	15,5	14,3
3—20 mm %	59,3	61,4	69,1
+20 mm %	19,7	23,1	16,6
Umrechnung auf technische Körnung 3—20 mm (einschl. 5% Korn +20 mm und 10% Korn —3 mm) %	69,8	72,2	81,3
Davon entfallen auf			
zulässiges Unterkorn — 3 mm %	7,0	7,2	8,1
zulässiges Überkorn +20 mm %	3,5	3,6	4,1
Demnach verbleiben			
an Unterkorn — 3 mm %	14,0	8,3	6,2
an Überkorn +20 mm %	16,2	19,5	12,5

*Beil.  
5*

6,2% des Aufgabegutes an Grus von 0—3 mm und ein solcher von 12,5% an Überkorn +20 mm verbleibt. Ein solches Ergebnis des Brechprozesses kann als recht gut bezeichnet werden.

So verschieden die Anteile der Kornklasse 3—20 mm am Brechgut auch waren, so war doch ihre mittlere Korngröße vom ersten bis zum dritten Durchgang mit 14,3 mm konstant. Der Kornaufbau blieb offensichtlich von Brechstufe zu Brechstufe ähnlich.

Daß der Wunsch der Karbidindustrie nach einem Karbidkoks der engen Körnung von 5—15 mm leider unerfüllbar ist, zeigen folgende Werte: Der dieser Kornklasse zugeordnete Gewichtsanteil des gebrochenen Gutes betrug in der ersten Brechstufe

nur 16,7%, er erhöhte sich auch in der dritten nur auf 28,6%. Dabei entstand aber bereits ein Anteil an unerwünschtem Feinkorn von 0—5 mm von 17%. Hiervon würden bei Umrechnung des Ausbringens auf technische Körnung (33,6%) nur 3,4% untergebracht werden, so daß 13,6% verbleiben würden. Nach dem dritten Durchgang liegen noch über 50% des Aufgabegutes als Überkorn (+15 mm) vor.

Die *Sorte BHT-Koks II (30—45 mm)* wurde auf dem kleinen Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung bei der engsten und nächstengsten Einstellung des Spaltes gebrochen. Die Durchgänge der einzelnen Brechstufen sind in Bild 8 aufgezeichnet, und zwar ausgezogen für die engste Spaltweite und gestrichelt für die größere Spaltweite. Bei der engsten Spaltweite verlagert sich von Brechstufe a nach c der Zentralwert von 22,2 über 17,5 auf 15,6 mm; bei der größeren Spaltweite von 24,8 über 19,0 auf 17,0 mm. Alle Durchgangskurven, gleich-

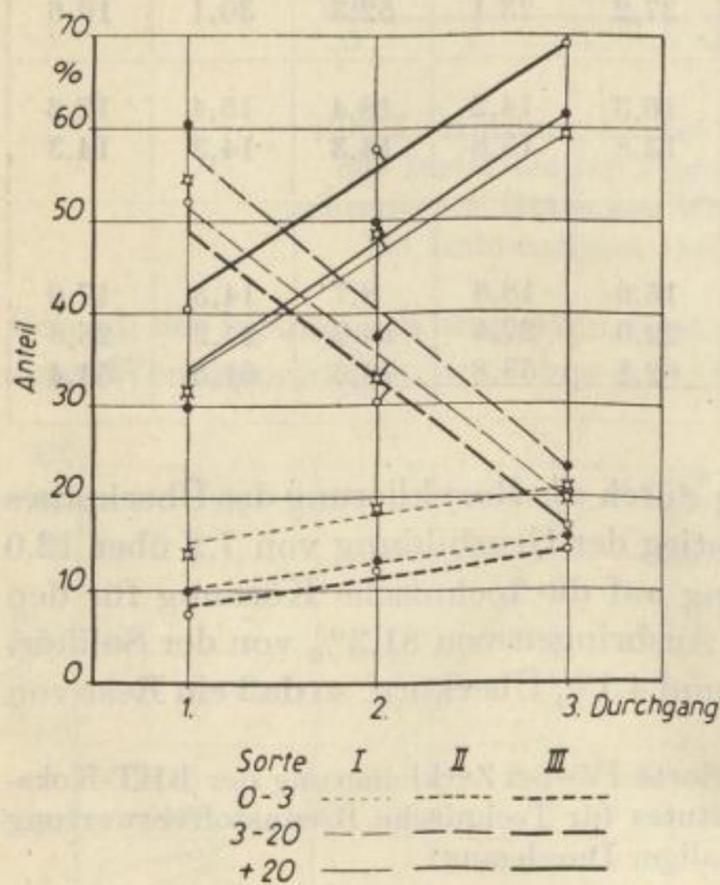


Bild 7. Sollgut, Unter- und Überkorn-Anteile beim Brechen von BHT-Koks I, II und III auf dem Stachelwalzwerk des IFTB bei engster Einstellung

viel um welche Brechstufe oder welche Spaltweite es sich handelt, haben den gleichen charakteristischen Verlauf, wie er oben für die Sorte 20—30 mm geschildert wurde. Doch sind die Brechergebnisse schlechter als im Falle der letztgenannten Sorte. Mit der größeren Spaltweite erreichte man nach dem dritten Durchgang einen Anteil von 53,5% an Korn von 3—20 mm, mit der engeren Spaltweite einen solchen von 61,4% (*Tabelle 3* und *Bild 7*). Blieben diese Werte gegenüber dem Ausbringen aus der Sorte 20—30 mm mit 69,1% zurück, so war andererseits der Anteil an Grus von 0—3 mm mit 14,6 und 15,5% ein wenig höher als beim Brechen der Sorte 20—30 mm. Demgemäß verblieb eine Restmenge +20 mm von 31,9% beim weiteren und 23,1% beim engeren Spalt gegenüber 16,6% im Falle der Sorte 20—30 mm. Aus dem Vergleich dieser Werte folgt, daß auch für das Brechen der Sorte 30—45 mm die engste erreichbare Spaltweite des Stachelwalzwerkes am günstigsten war, daß aber dabei

nicht so günstige Werte erreicht wurden wie für die Sorte 20—30 mm. Die mittlere Korngröße des Sollgutes 3—20 mm ist mit 13,1 bis 13,8 mm (engster Walzenabstand) kleiner als beim Brechen der Sorte III.

Es wurde nunmehr auch die *Sorte +45 mm des BHT-Kokes* bei der engsten Spaltweite des Walzwerkes des Institutes für Technische Brennstoffverwertung durchgesetzt (*Bild 9*). Der Zentralwert wanderte hier von 21,2 beim ersten über 15 beim

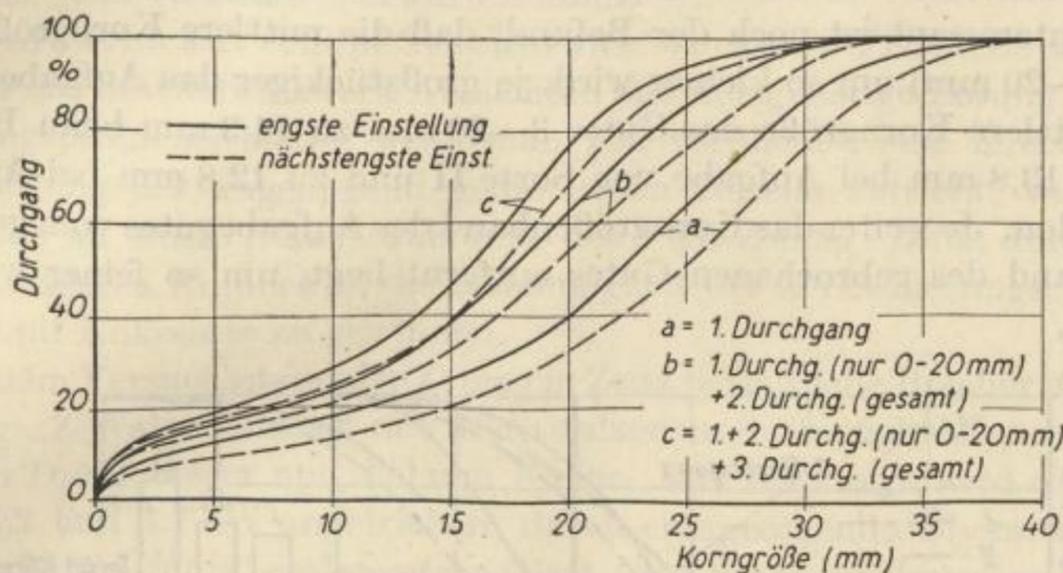


Bild 8. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks Sorte II (30—45 mm) auf dem Stachelwalzwerk des IfTB bei engster und nächstengster Einstellung

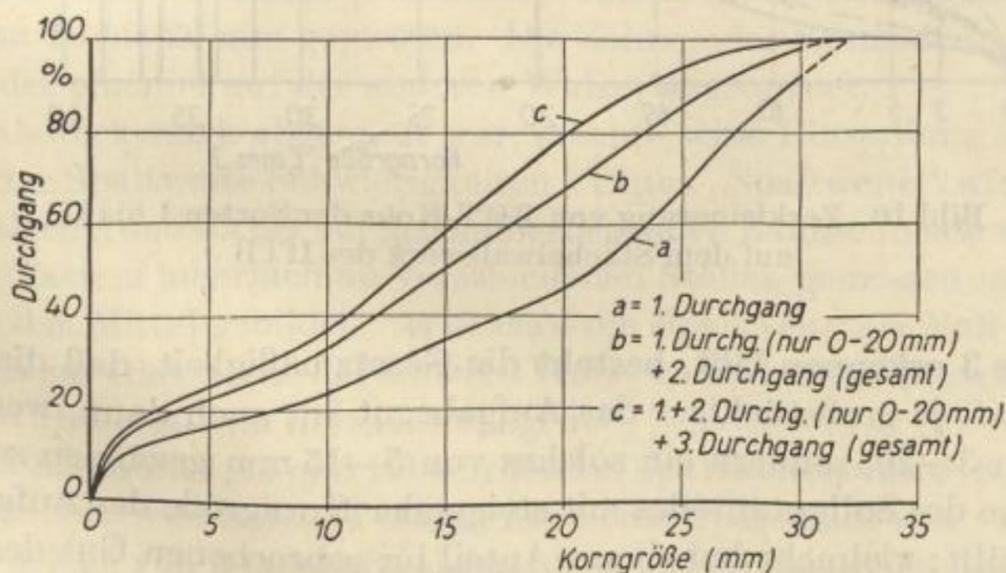


Bild 9. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks Sorte I (+45 mm) auf dem Stachelwalzwerk des IfTB (engste Spaltweite)

zweiten auf 13,3 mm beim dritten Durchgang. Hierbei ging die Ausbeute an Korn von 3—20 mm mit 59,3% noch weiter zurück (das Brechen der Sorte 30—45 mm hatte 61,4% geliefert); vor allem stieg aber der Anteil an Grus sehr stark an, nämlich bis auf 21% nach dem dritten Durchgang, während die Restkoksmenge +20 mm sogar etwas kleiner war als im Falle der Sorte 30—45 mm. Dem gewünschten Korngrößenband von 3—20 mm liegt die Sorte III des BHT-Kokes mit 20—30 mm am nächsten,

die Sorte II mit 30—45 mm liegt weiter und die Sorte I mit +45 mm am weitesten ab. Wir können somit aus unseren Versuchserfahrungen den Satz ableiten: Je weiter das Korngrößenband des Aufgabegutes vom gewünschten Korngrößenband des gebrochenen Gutes ab liegt, um so geringer wird der Anteil des Sollgutes im gebrochenen Gut und um so größer der Anfall an unerwünschtem Unterkorn. Die günstigsten Verhältnisse liegen vor, wenn das gewünschte Korngrößenband des gebrochenen Gutes sich unmittelbar an das Korngrößenband des Aufgabegutes nach unten hin anschließt. Interessant ist noch der Befund, daß die mittlere Korngröße des Sollgutes (hier 3—20 mm) um so kleiner wird, je großstückiger das Aufgabegut ist. So wurde die mittlere Korngröße des Gutes 3—20 mm zu 14,3 mm beim Brechen der Sorte III, zu 13,8 mm bei Aufgabe von Sorte II und zu 12,8 mm bei Aufgabe von Sorte I gefunden. Je weiter das Korngrößenband des Aufgabegutes vom gewünschten Korngrößenband des gebrochenen Gutes entfernt liegt, um so feiner wird das gebrochene Gut.

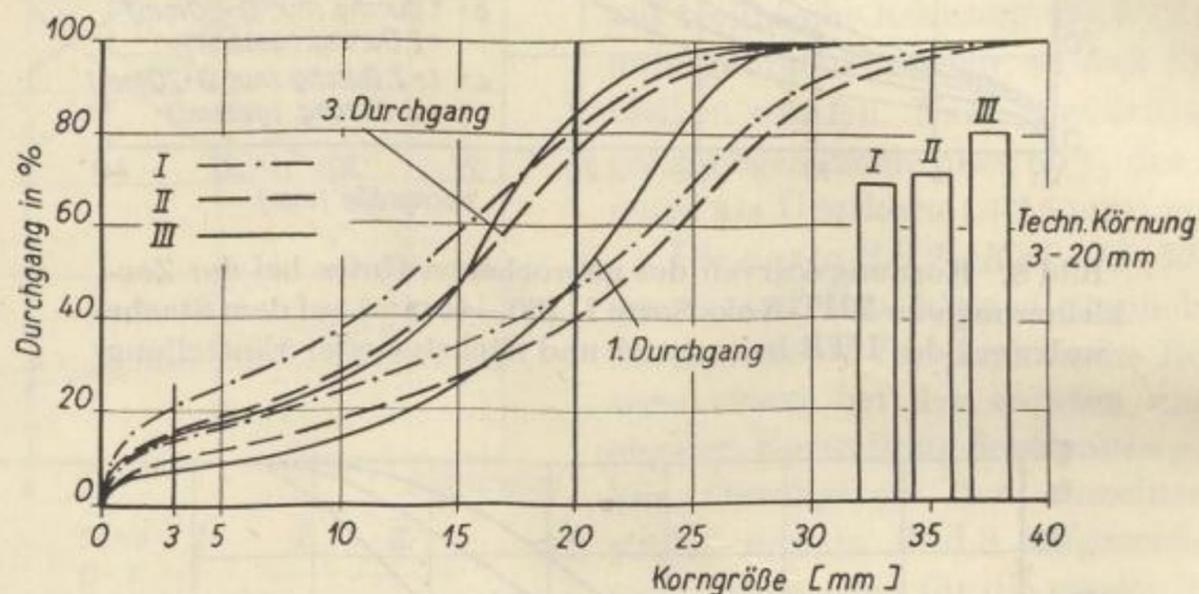


Bild 10. Zerkleinerung von BHT-Koks der Sorten I bis III auf dem Stachelwalzwerk des IfTB

Wie Tabelle 3 erkennen läßt, besteht die Gesetzmäßigkeit, daß die Grusbildung um so größer ist, je großstückiger das Aufgabegut ist, auch dann, wenn man nicht ein Sollgut von 3—20, sondern ein solches von 5—15 mm gewinnen soll. Hingegen ist die Abnahme des Sollgutanteiles mit steigender Korngröße des Aufgabegutes hier nicht mehr erfüllt; vielmehr hat dieser Anteil im gebrochenen Gut der Sorte 30 bis 45 mm ein Minimum.

Die Kornverteilung des untersuchten Stachelwalzwerkes hat im Hinblick auf unser Problem den gleichen Nachteil wie der Backenbrecher, daß nämlich die Körnungskurven im Bereich 0—3 mm schroff ansteigen. Dies zeigt nochmals sehr deutlich das *Bild 10*, in dem die Körnungskurven für das Zerkleinerungsprodukt nach dem ersten und nach dem dritten Durchgang für alle drei zerkleinerten Kokssorten übersichtlich dargestellt sind. Es ist auch der Anteil der Körnung 3—20 mm mit Unter- und Überkorn in Säulenform eingezeichnet worden. Wie im einzelnen auch aus *Tabelle 4* hervorgeht, fällt der Anteil dieser „technischen Körnung“ von 81,3% im Falle des Brechens von Sorte III über 72,2% im Falle, daß Sorte II gebrochen

wird, auf 69,8% ab, wenn Sorte I dem Brechen unterworfen wird. Gleichzeitig steigt der Anfall an Feinem 0—3 mm, der nicht als zulässiges Unterkorn in dem Verkaufssortiment 3—20 mm unterzubringen ist, von 6,2 über 8,3 auf 14,0%. Der verbleibende Rest an Grobkorn + 20 mm, der nicht als Überkorn beigefügt werden kann, beläuft sich auf 12,5; 19,5 und 16,2%, durchlief mithin bei Sorte II ein Maximum. Man kann hiernach sagen, daß man je nach der Korngröße des Einsatzgutes ein Ausbringen an „Karbidskoks“ von 70 bis 80% erwarten kann.

Brechversuche auf einem Stachelwalzwerk des VEB „Zemag“, Zeitz

Da somit das Stachelwalzwerk Aussichten auf eine günstige Lösung des gestellten Zerkleinerungsproblems bietet, wenn man von vornherein eine Kreislaufschaltung zur Rückführung der ungenügend gebrochenen Anteile vorsieht, wurden weitere Brechversuche an einem Stachelwalzwerk des VEB Zemag, Zeitz, durchgeführt mit dem Ziel, genaueren Einblick in die Abhängigkeit der Zerkleinerungsergebnisse von Spaltweite und Kokssorte zu gewinnen.

Der auf dem Versuchsstand der Zemag in Zeitz befindliche Brecher mit der Typenbezeichnung „Z-Walzenbrecher mit Glattwalzen und Stachelwalzen“ hatte Walzen von 600 mm Durchmesser und 350 mm Breite. Das Walzwerk wird durch zwei Motoren von 4,2 und 3,7 kW angetrieben; durch entsprechende Übersetzung wird die Drehzahl auf 130 U/min herabgesetzt; Glatt- und Stachelwalzenpaar laufen gleichzeitig, sind aber parallel geschaltet. Für die Zerkleinerung des BHT-Kokses sind nur die Stachelwalzen benutzt worden. Die Stacheln auf den Walzenoberflächen haben die Gestalt von in der Drehrichtung der Walzen stehenden Zähnen oder Schneiden. Sie haben rhombische Grundfläche und sind etwa 40 mm breit und 45 mm lang; ihre Höhe wurde zu 18 bis 20 mm gemessen. Die Zähne oder Schneiden sind auf Brechringen (5 auf der einen, 4 auf der anderen Walze) angeordnet.

Da das Walzwerk stark abgenutzt war, machte seine Einstellung und die genaue Bestimmung der Spaltweite Schwierigkeiten. Unter „Spaltweite“ wird hier der Abstand vom Walzengrundkörper zur gegenüberliegenden Zahnschneide verstanden. Er wurde mittels Tasters mehrfach an verschiedenen Stellen gemessen; aus den Einzelwerten wurde das Mittel gebildet. Will man die Spaltweite als Maß von der Oberfläche der einen zur Oberfläche der anderen Walze verstehen, so ist zu den Meßwerten ein Betrag von 18 bis 20 mm hinzuzuschlagen.

Die BHT-Kokssorten I, II und III wurden bei Spaltweiten von 6; 8; 10 und 12 mm gebrochen. Im Falle von Sorte II wurde noch eine Spaltweite von 11, im Falle von Sorte III eine solche von 9 mm einbezogen. Von zwei Ausnahmen abgesehen, wurde stets in drei Stufen (1., 2. und 3. Durchgang) gebrochen.

*Bild 11* gibt die Körnungskurven der Brechprodukte des *Kokses I* für die vier Spaltweiten von 6; 8; 10 und 12 mm wieder, und zwar nach dem 1. und 3. Durchgang. Die Gestalt der Kurven entspricht in allen Fällen dem schon eingehend beschriebenen Typus. Mit wachsender Spaltweite verschiebt sich der Zentralwert von 11 auf 15 mm (nach dem 3. Durchgang). In *Bild 12* ist in Abhängigkeit von der Zahl der Brechstufen als Abszisse und der Spaltweite als Parameter aufgetragen, wieviel % vom Gesamtgut auf die Kornklasse 3—20 mm entfallen. Dieser Wert nimmt bei gleicher Spaltweite mit wachsender Zahl der Durchgänge zu, und er erhöht sich ferner mit abnehmender Spaltweite. In gleicher Weise gilt dies auch, wenn man nicht das

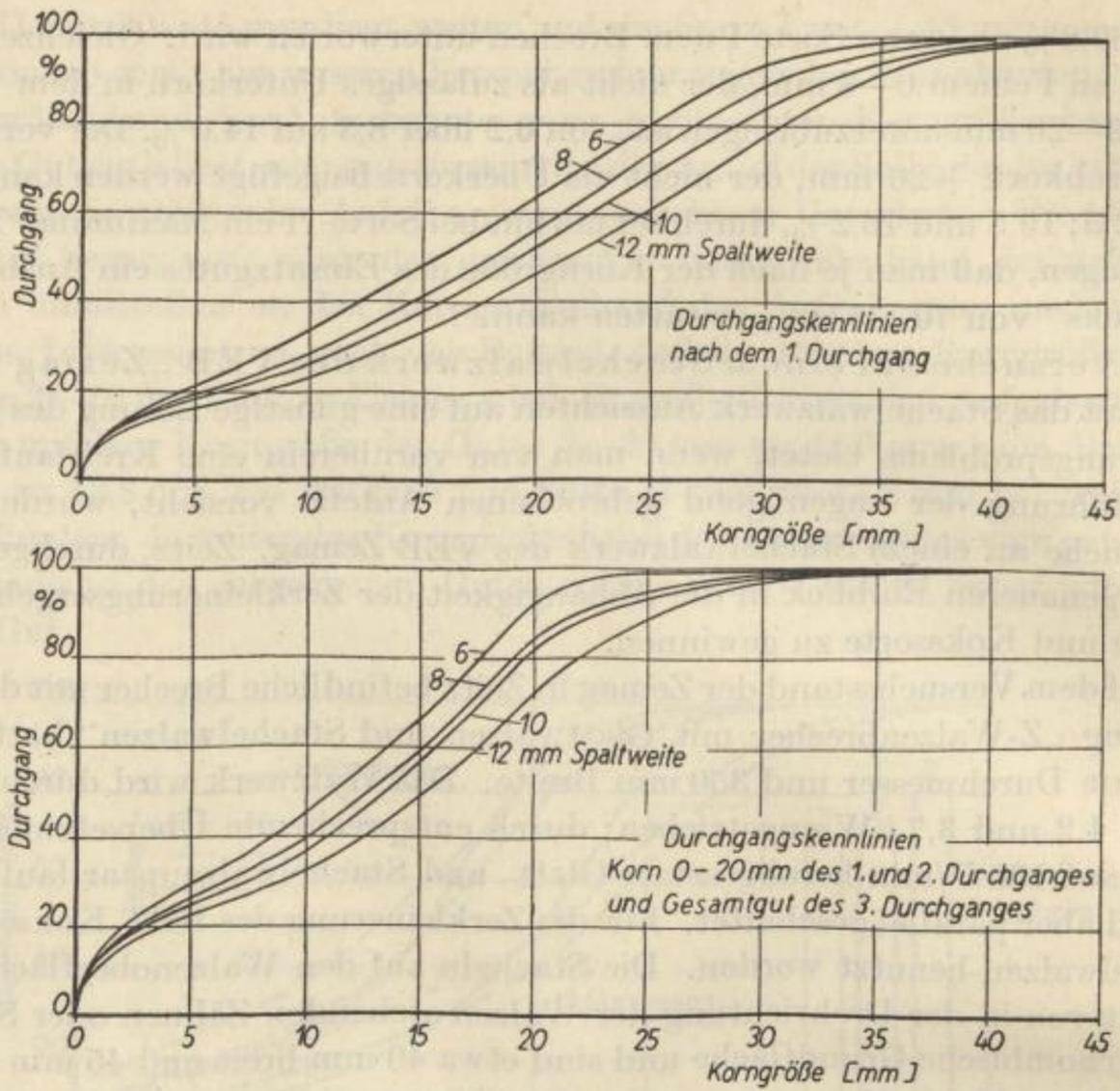


Bild 11. Körnungskurven des auf dem Stachelwalzwerk des VEB Zomag Zeitz bei verschiedenen Spaltweiten gebrochenen Gutes aus BHT-Koks I (+45 mm)

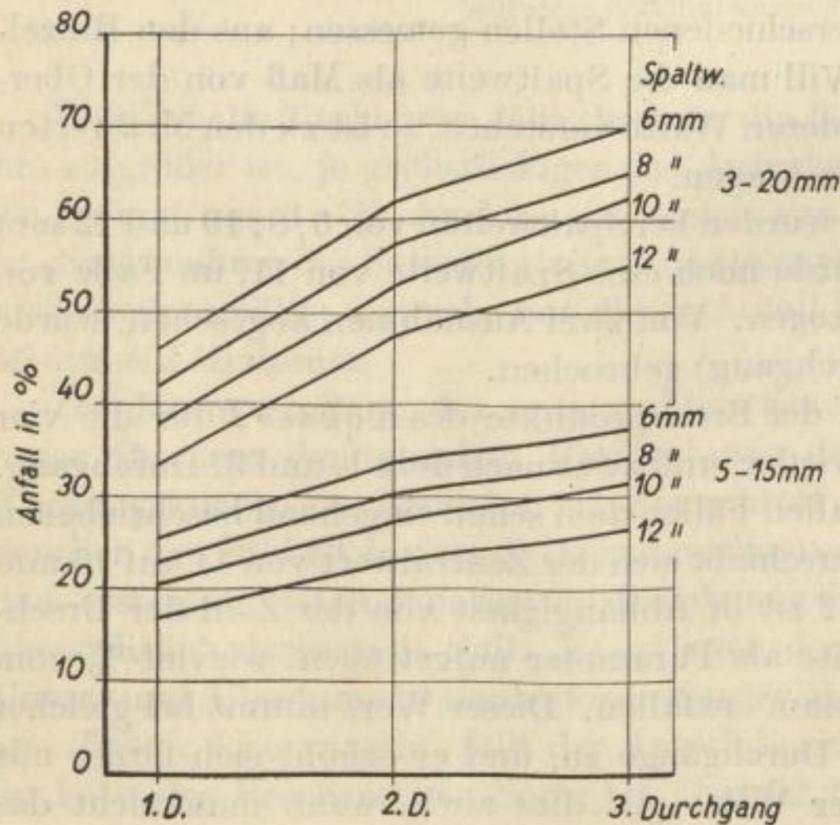


Bild 12. Zerkleinerung von BHT-Koks auf dem Stachelwalzwerk der Zomag Zeitz (Koks I, +45 mm)

Korngrößenband von 3 bis 20 mm, sondern das beiderseits eingeengte von 5 bis 15 mm als erwünschtes Brechgut betrachtet. Zwischen dem 1. und 2. Durchgang erhöht sich das Ausbringen an Sollgut durchweg stärker als zwischen dem 2. und 3. Durchgang, was einleuchtet und keiner weiteren Erklärung bedarf. Der Befund, daß kleinere Spaltweite höheres Ausbringen an Sollgut bewirkt, stimmt überein mit der anlässlich der Zerkleinerungsversuche von Sorte II auf dem Walzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung gemachten Erfahrung. Trägt man den Anfall an Sollgut 3—20 oder 5—15 mm abhängig von der Spaltweite auf (Bild 13 und 14), so findet

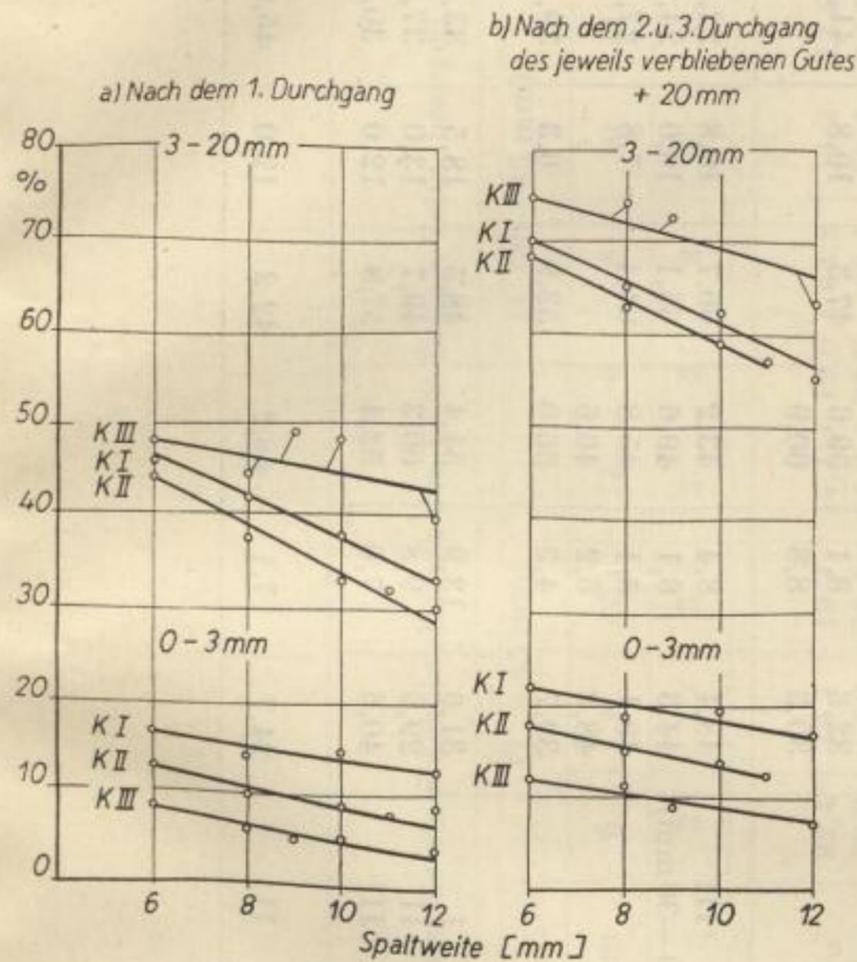


Bild 13. Anfall an Sollgut 3—20 mm und Grus 0—3 mm beim Brechen von BHT-Koks auf dem Stachelwalzwerk der Zemag, abhängig von Spaltweite und Kokssorte

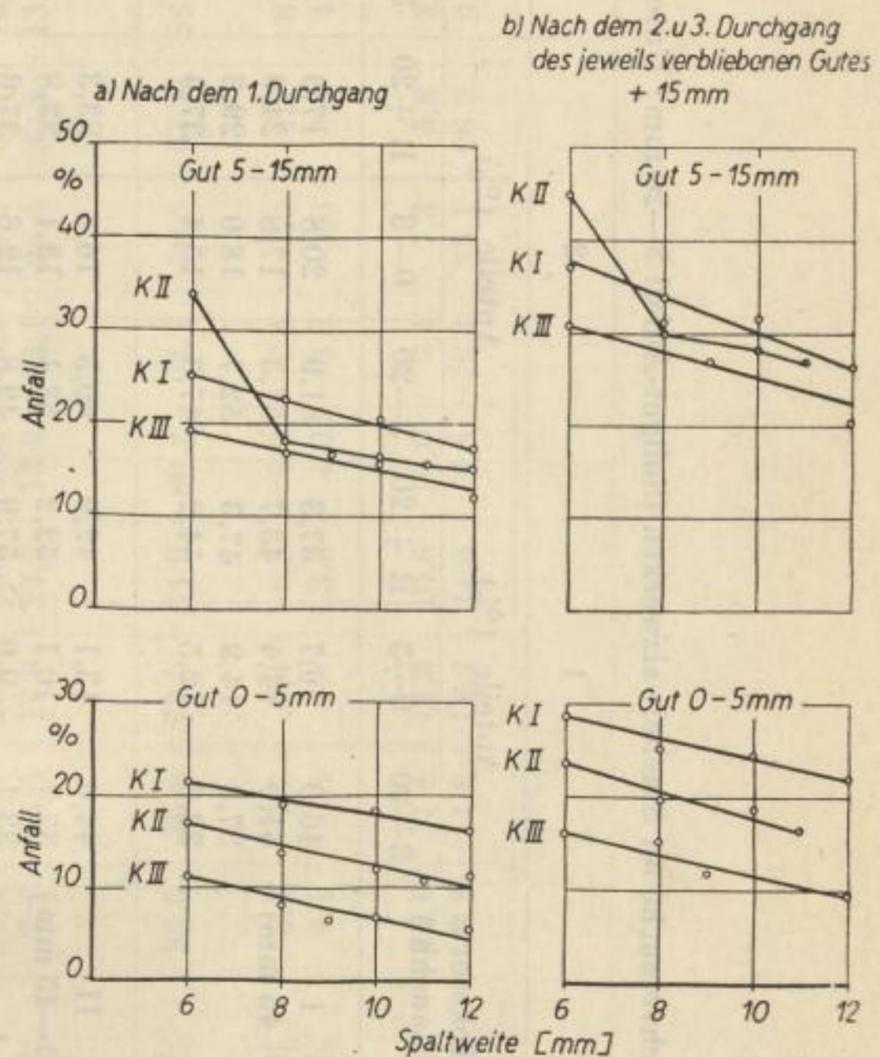


Bild 14. Anfall an Sollgut 5—15 mm und Grus 0—5 mm beim Brechen von BHT-Koks auf dem Stachelwalzwerk der Zemag, abhängig von Spaltweite und Kokssorte

man im durchmessenen Bereich der Spaltweite eine quasilineare Abhängigkeit, sowohl für den ersten Durchgang des Gutes als auch für das endgültige Brechprodukt nach dem dritten Durchgang. Das Sollgutausbringen von 3—20 mm wächst von 33 auf 46% nach dem ersten Durchgang und von 55 auf 70% nach dem dritten Durchgang, wenn man die Spaltweite von 12 auf 6 mm vermindert. Die Linearität des Verlaufes ist nur approximativ; denn wenn man sich die Spaltweite immer weiter verkleinert denkt, so muß es einen ausgezeichneten Wert von ihr geben, bei dem das Ausbringen an Sollgut ein Maximum wird; bei weiterer Verkleinerung der Spaltweite müßte dann das Ausbringen wieder sinken, bis es schließlich 0 wird, wenn nämlich alles Gut in 0—3 mm zerkleinert wird. Dieses Gedankenexperiment setzt aber wieder-

Tabelle 5. Hauptergebnisse der Brechversuche an Stachelwalzwerken (Sollgut-Anfall 3—20 mm; Unter- und Überkorn)

Durchgang			1			2			3		
Zerkleinerungs- maschine	Spaltweite mm	Kokssorte (Lauchh.)	Anteile (%)			Anteile (%)			Anteile (%)		
			3—20	0—3	R + 20	3—20	0—3	R + 20	3—20	0—3	R + 20
Stachelwalzwerk der Zemag Zeitz	6	I (+45 mm)	46,0	16,7	37,3	61,9	20,8	17,3	70,2	22,4	7,4
	8		41,9	14,4	43,7	57,3	17,8	24,9	65,3	19,1	15,6
	10		37,8	14,9	47,3	52,7	18,0	29,3	62,5	19,7	17,8
	12		33,3	12,5	54,2	47,3	15,4	37,3	55,2	17,1	27,7
	6	II (30—45 mm)	44,0	13,1	42,9	60,3	16,4	23,3	68,2	18,0	13,8
	8		37,7	10,1	52,2	53,1	13,1	33,8	63,1	14,8	22,1
	10		33,1	9,0	57,9	49,8	12,6	37,6	59,2	14,3	26,5
	11		32,3	8,1	59,6	47,3	10,8	41,9	57,2	12,5	30,3
	12		30,3	8,8	60,9						
	6	III (20—30 mm)	48,4	8,4	43,2	66,7	10,8	22,5	74,9	12,1	13,0
	8		44,3	6,1	49,6	65,1	10,0	24,9	74,5	11,6	13,9
	9		49,1	5,1	45,8	64,4	7,8	27,8	72,8	9,1	18,1
10	48,2		5,2	46,6							
12	39,7		4,3	56,0	53,9	6,3	39,8	63,5	7,4	29,1	
Stachelwalzwerk des Institutes für Techn. Brenn- stoffverwertung	1. (engste) Einstellung	I	31,6	13,9	54,4	48,5	18,5	33,0	59,4	20,9	19,7
		II	29,9	9,8	60,3	49,7	13,0	37,3	61,2	15,6	23,2
		III	40,6	7,0	52,4	57,8	12,0	30,2	69,1	14,2	16,7
	2. (nächstengste) Einstellung	II	24,7	7,1	68,2	42,2	12,0	45,8	53,5	14,5	32,0

Tabelle 6. Hauptergebnisse der Brechversuche am Stachelwalzwerk des VEB Zemag, Zeitz, bezogen auf „technische Körnung“

Kokssorte	(I +45 mm)				II (30—45 mm)				III (20—30 mm)			
	6	8	10	12	6	8	10	11	6	8	9	12
Spaltweite mm	6	8	10	12	6	8	10	11	6	8	9	12
Durchgang	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Kornzusammensetzung nach Siebanalyse												
0—3 mm %	22,4	19,1	19,7	17,1	18,0	14,8	14,3	12,5	12,1	11,6	9,1	7,4
3—20 mm %	70,2	65,3	62,5	55,2	68,2	63,1	59,2	57,2	74,9	74,5	72,8	63,5
+20 mm %	7,4	15,6	17,8	27,7	13,8	22,1	26,5	30,3	13,0	13,9	18,1	29,1
Umrechnung auf technische Körnung 3—20 mm (einschl. 10% Korn — 3 mm u. 5% Korn +20 mm) %												
	82,6	76,8	73,5	64,9	80,2	74,2	69,6	67,3	88,1	87,6	85,6	74,7
Hiervon sind												
zulässiges Unterkorn — 3 mm %	8,3	7,7	7,4	6,5	8,0	7,4	7,0	6,7	8,8	8,8	8,6	7,5
zulässiges Überkorn +20 mm %	4,1	3,8	3,7	3,2	4,0	3,7	3,5	3,4	4,4	4,4	4,3	3,7
Demnach verbleiben als Überschuß												
an Unterkorn — 3 mm %	14,1	11,4	12,3	10,6	10,0	7,4	7,3	5,8	3,3	2,8	0,5	0,0
an Überkorn +20 mm %	3,3	11,8	14,2	24,5	9,8	18,4	23,1	26,9	8,6	9,6	13,9	25,3

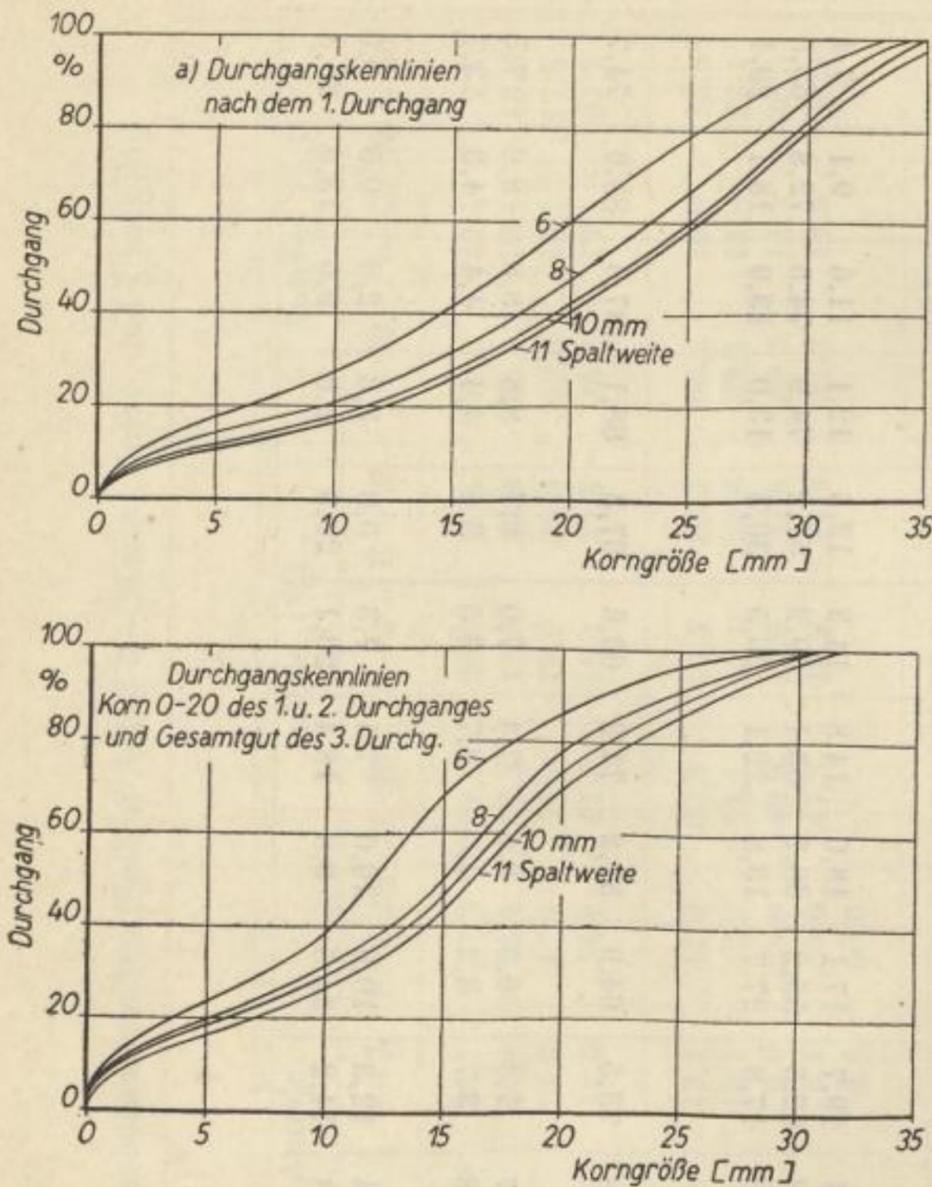


Bild 15. Körnungskurven des auf dem Stachelwalzwerk der Zomag bei verschiedenen Spaltweiten gebrochenen Gutes aus BHT-Koks II (30—45 mm)

Spaltweite größer wird, muß der Restgutanteil über 20 mm aus zwei Ursachen stark absinken. In der Tat fällt er — die Angabe gilt für den dritten Durchgang — von 27,7% bei 12 auf 7,4% bei 6 mm Spaltweite. Rechnet man die für 6 mm Spaltweite erzielten Werte auf die technische Körnung mit 10% Unter- und 5% Überkorn um (Tabelle 6), so wird sich ein Ausbringen von 82,6% ergeben. Die überschüssige Grusmenge wird  $22,4 - 8,3 = 14,1\%$  betragen, und es werden 3,3% Restgut über 20 mm verbleiben. Dieses Ergebnis muß immerhin noch als befriedigend betrachtet werden, da das Verhältnis von Sollkorn zu Grus 82,6:14,1 gleich 5,85 beträgt.

Die Zerkleinerungsversuche mit der BHT-Kokssorte II (Kör-

um voraus, daß das Walzwerk bei beliebiger Verkleinerung der Spaltweite das Aufgabegut noch einzieht, was nicht der Fall sein wird.

Aus Bild 13 und 14 wie auch aus Tabelle 5, die die Hauptergebnisse der Versuche am Stachelwalzwerk des VEB Zomag zusammenfaßt, ist ferner ersichtlich, daß die Verbesserung des Ausbringens an Sollgut mit kleiner werdender Spaltweite durch eine Zunahme des unerwünschten Gruses von 0—3 mm erkauft werden muß. Der Grusanteil erhöht sich von 12,5 auf 16,7% für den ersten Durchgang und von 17,1 auf 22,4% für den dritten Durchgang, wenn die Spaltweite von 12 auf 6 mm herabgesetzt wird. Auch zwischen der Grusbildung und der Spaltweite besteht ein annähernd linearer Zusammenhang. Da sowohl das Ausbringen an Sollgut wie an Grus mit abnehmender

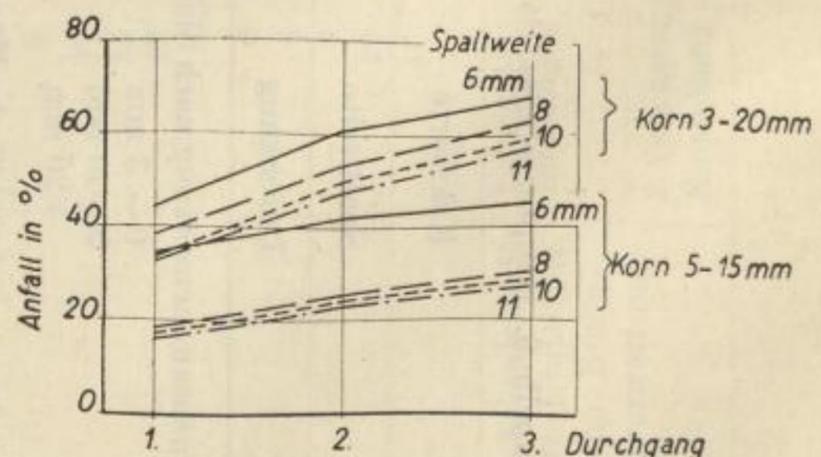


Bild 16. Zerkleinerung von BHT-Koks II (30—45 mm) auf dem Stachelwalzwerk der Zomag

nungskurven siehe *Bild 15*) mit wechselnder Spaltweite lieferten nach *Bild 16* qualitativ die gleichen Zusammenhänge wie die mit der Kokssorte I, jedoch ist das Ausbringen im Sollgut um einige Prozente kleiner, wie aus *Bild 13 und 14* ersichtlich ist. Sowohl die Kurve für das Zerkleinerungsgut des ersten Durchganges wie für das Endgut nach dem dritten Durchgang liegen in ihrer ganzen Erstreckung in *Bild 13* unterhalb der von Koks I (für 5—15 mm kommt es zur Überschneidung der beiden Kurven, *Bild 14*). Das Ausbringen an Gut von 3—20 mm Korngröße wächst von 57,2% für 12 mm auf 68,2% für 6 mm an. Der Grusanteil verändert sich im gleichen Bereich von 12,5 bis 18%. Während somit das Sollkorn-Ausbringen beim Brechen von BHT-Koks II kleiner als beim Brechen von BHT-Koks I ausfällt, ist aber gleichzeitig auch der Grusanteil kleiner. Die Sorte II verhält sich demnach bezüglich des Sollkorn-Ausbringens ungünstiger, bezüglich des Grusanfalles aber günstiger als die Sorte I. Infolgedessen ist der Anfall an ungenügend gebrochenem Restgut bei Sorte II — mit 30,3% für 12 und 13,8% für 6 mm Spaltweite — merklich größer als im Falle von Sorte I. Rechnet man den wiederum bei der kleinsten verwendeten Körnung festzustellenden Größtwert des Sollkorn-Ausbringens auf die technische Körnung mit insgesamt 15% Fehlkorn um, so ergibt sich ein Ausbringen von 80,2%. Die überschüssige Grusmenge errechnet sich zu  $18,0 - 8,0 = 10,0\%$ , und es werden  $13,8 - 4,0 = 9,8\%$  ungenügend gebrochenes Restkorn verbleiben (*Tabelle 6*). Das Verhältnis des Ausbringens der Sorte 3—20 mm zum verbleibenden Grusanfall ist dann  $80,2 : 9,8 = 8,2 : 1$  und damit vorteilhafter als beim Brechen von Sorte I.

Die *Sorte III* (20—30 mm) des BHT-Kokses lieferte — wie auch schon im Zusammenhang mit den Versuchen am Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung beobachtet wurde — das beste Brechergebnis (Körnungskurven siehe *Bild 17*). Zwischen 12 und 6 mm Spaltweite erhöhte sich die Menge des Gutes von 3—20 mm Korngröße von 39,7 auf 48,4% nach dem ersten Durchgang und von 63,5 auf 74,9% nach dem dritten Durchgang (*Bild 18*). Der Grusanfall von

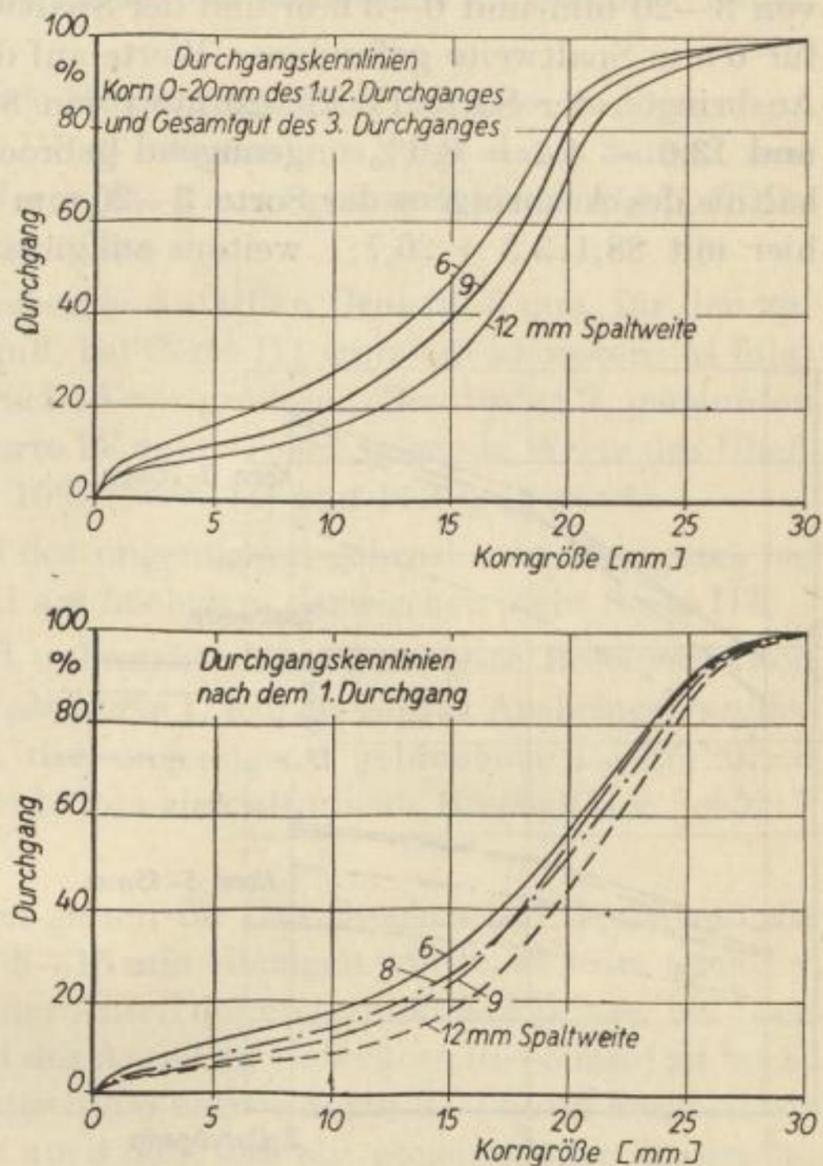


Bild 17. Körnungskurven des auf dem Stachelwalzwerk der Zemag bei verschiedenen Spaltweiten gebrochenen Gutes aus BHT-Koks III (20—30 mm)

0—3 mm Korngröße ging auf 7,4 bis 12,1%, wachsend mit abfallender Spaltweite, zurück. Der Anteil an Gut von 3—20 mm Korngröße war am größten, der von 0 bis 3 mm Korngröße am kleinsten von allen drei zu brechenden Kokssorten (*Bild 13*). Der Restgutanteil beim Brechen der Sorte III liegt hingegen zwischen den Werten für die Sorten I und II. Gleicht man die Streuungen aus, so ist auch für die Kokssorte III der lineare Zusammenhang zwischen dem Anfall an den Brechprodukten von 3—20 mm und 0—3 mm und der Spaltweite vorhanden. Die Umrechnung der für 6 mm Spaltweite gefundenen Werte auf die technische Körnung führt zu einem Ausbringen der Sorte IV (3—20 mm) von 88,1%, wobei  $12,1 - 8,8 = 3,3\%$  Grus und  $13,0 - 4,4 = 8,6\%$  ungenügend gebrochenes Restgut übrigbleiben. Das Verhältnis des Ausbringens der Sorte 3—20 mm zu dem verbleibenden Grusanfall ist hier mit  $88,1:3,3 = 26,7:1$  weitaus am günstigsten.

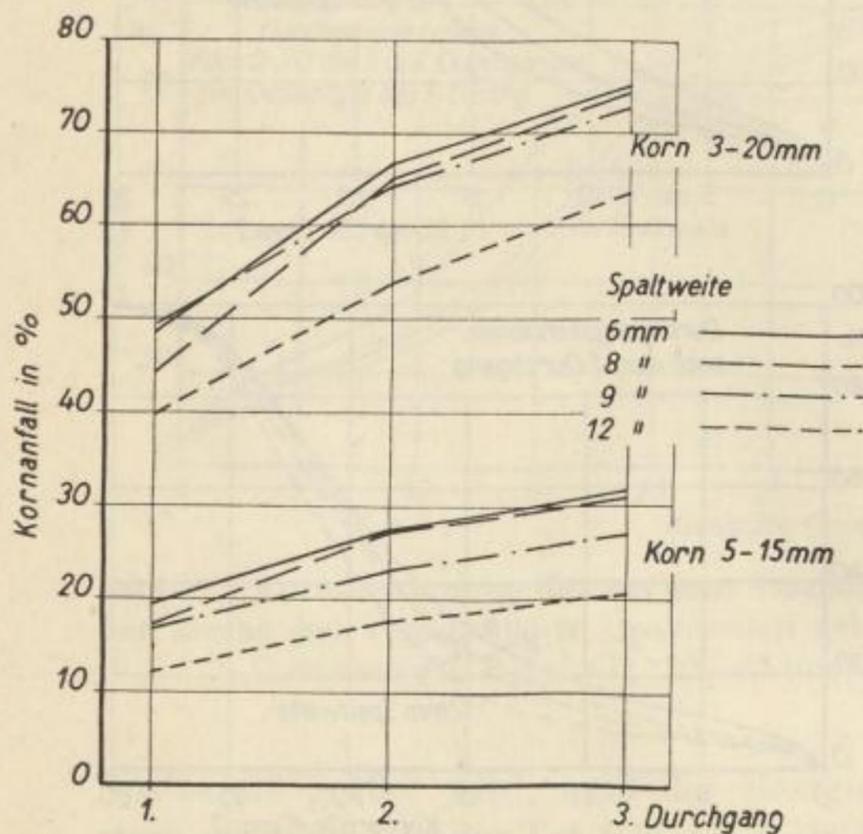


Bild 18. Zerkleinerung von BHT-Koks III (20—30 mm) auf dem Stachelwalzwerk der Zemag

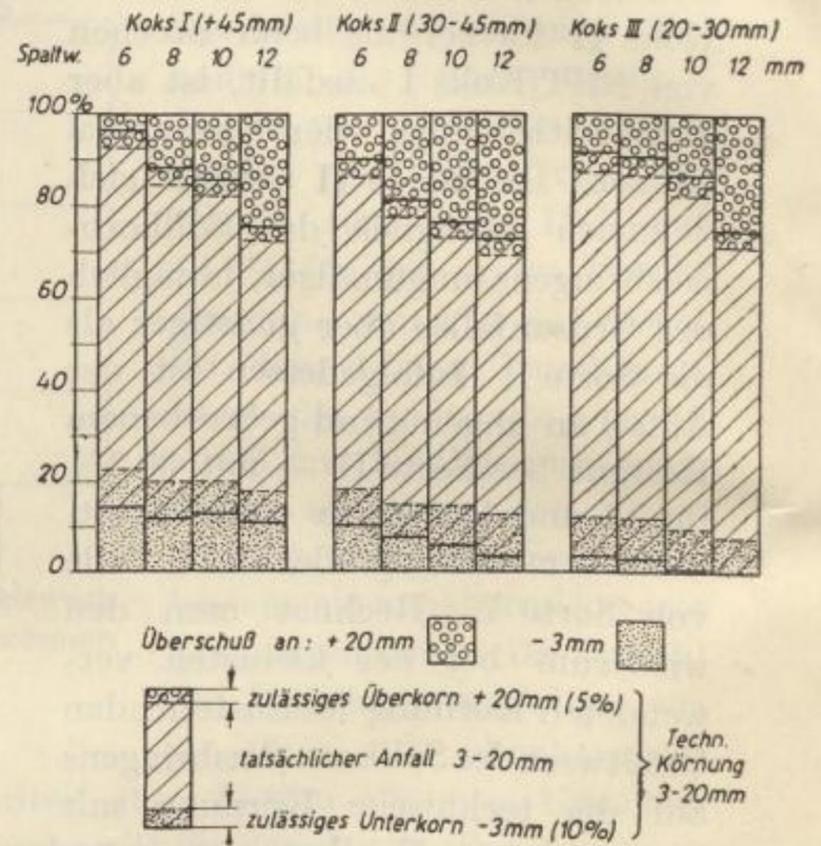


Bild 19. Auswertung der Ergebnisse der Zerkleinerung auf dem Stachelwalzwerk der Zemag hinsichtlich der „technischen Körnung“ 3—20 mm

In *Tabelle 6* und *Bild 19* sind das Ausbringen an der technischen Sorte IV (3—20 mm) und der verbleibende Überschuß an Grus (—3 mm) und an ungenügend gebrochenem Restgut (+20 mm) in Abhängigkeit von der Spaltweite als Säulen für alle drei Kokssorten dargestellt.

Man kann die aus den Versuchsserien am Stachelwalzwerk des VEB Zemag, Zeitz, folgenden Erkenntnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Brechen im Kreislauf ist für alle drei zu brechenden Kokssorten (III, II und I) nötig; dabei ist für alle damit zu rechnen, daß ein Teil des Gutes 3mal den Brecher passieren muß.

2. Mit abnehmender Spaltweite — im Bereich von 12 bis 6 mm (nach der weiter oben gegebenen Definition) — wächst bei allen drei aufgegebenen Kokssorten das Ausbringen an der gewünschten Sorte IV (3—20 mm), gleichzeitig auch der verbleibende Anteil an Grus (und zwar annähernd linear) monoton steigend an. Der verbleibende Rest an ungenügend gebrochenem Gut 3—20 mm nimmt daher mit kleiner werdender Spaltweite ab. Innerhalb des durchmessenen Bereiches der Spaltweiten tritt kein Optimum, sondern nur ein monotones Steigen oder Fallen der interessierenden Werte auf.
3. Für gleiche Spaltweite liefert stets die Kokssorte III das höchste Ausbringen an der gewünschten technischen Sorte IV (3—20 mm); es folgt dann Sorte I und schließlich Sorte II. Die höchsten Werte (für 6 mm Spaltweite) sind 88,1% (Koks III); 82,6% (Koks I) und 80,2% (Koks II).
4. Für gleiche Spaltweite ist der verbleibende Anfall an Grus 0—3 mm, für den zusätzlicher Absatz gesucht werden muß, bei Sorte III stets am kleinsten; es folgt Sorte II; bei Sorte I ist dieser Überschuß am größten. Den unter 3. genannten Höchstwerten des Ausbringens an Sorte IV entsprechen folgende Werte des Überschusses an Grus: 3,3% (Sorte III); 10% (Sorte II) und 14,1% (Sorte I).
5. Für gleiche Spaltweite ist der Anteil des ungenügend gebrochenen Restgutes bei Sorte I am kleinsten und bei Sorte II am höchsten, dazwischen steht Sorte III.
6. Aus 3. bis 5. folgt, daß die Sorte III unbestritten das günstigste Brechverhalten zeigt. Sorte II liefert weniger Grus als Sorte I, jedoch ist das Ausbringen an der gewünschten Sorte IV kleiner und der ungenügend gebrochene Restgutanteil größer als bei I. Vor- und Nachteile halten sich also beim Brechen der Sorten I und II die Waage.

Die vorstehenden Schlußfolgerungen gelten für das Brechen auf 3—20 mm als Sollkorn. Wenn man das Sollkorn auf 5—15 mm einengen würde, so wäre auch bei dreimaligem Brechen des Rückstandes der Anteil der erstrebten Kornklasse bei allen einbezogenen Spaltweiten zu gering und der Anteil an Unterkorn (0—5 mm) zu hoch. Der Ersatz der Sorte IV (3—20 mm) durch die engere Sorte 5—15 mm kann daher nicht erwogen werden. Im übrigen gilt auch hier, daß mit abnehmender Spaltweite sowohl der Sollkorn- wie der Grusanteil wachsen und das Restkorn (hier +15 mm) abnimmt. Daß die Einengung des Körnungsbandes von 3 bis 20 auf 5 bis 15 mm einen so beträchtlichen Rückgang des Ausbringens verursacht, erklärt sich nicht nur daraus daß die Bandbreite von 17 auf 10 zurückgeht, also um 40% kleiner wird, sondern auch daraus, daß die Steigung der Körnungskurven im Bereich 3 bis 5 und 15 bis 20 mm größer als im Bereich von 5 bis 15 mm ist.

Ergänzend seien noch einige Bemerkungen über den Gang der mittleren Korngröße bei der BHT-Koks Zerkleinerung auf dem Walzwerk angeschlossen (*Bild 20*). Wenn Koks I zerkleinert wurde, nahm die mittlere Korngröße des Zerkleinerungsproduktes des 1. Durchganges von 20,6 mm bei der Spaltweite 12 mm auf 15,5 mm bei der Spaltweite 6 mm ab. Nach dem dritten Durchgang errechneten sich für das gesamte gebrochene Gut Werte der mittleren Korngröße von 14,5 bei 12 mm Spaltweite bis 10,7 bei 6 mm Spaltweite. Die mittlere Korngröße des Sollkorns 3—20 mm selbst änderte sich nur wenig; sie verminderte sich von 13,0 mm (für 12 mm Spalt-

weite) auf 12,4 mm (für 6 mm Spaltweite). Für Koks II sind die mittleren Korngrößen eine Kleinigkeit höher; für Koks III wachsen sie weiter an. Die mittleren Korngrößen des Zerkleinerungsproduktes nach dem dritten Durchgang sind hier 16,5 und 13,6 mm bei 12 und 6 mm Spaltweite, und die des Kernes 3—20 mm betragen 15,1 und 14,0 mm. Hieraus folgt, daß die mittlere Korngröße des zerkleinerten Gutes wie auch die mittlere Korngröße des in ihm enthaltenen Sollkorns um so größer

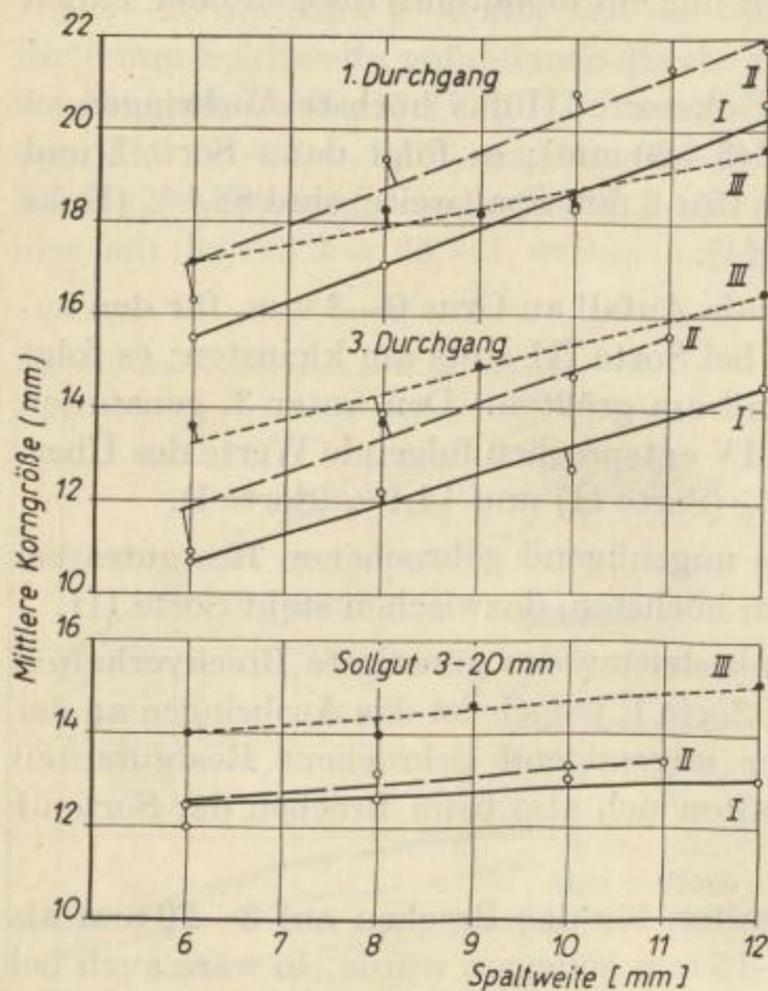


Bild 20. Zerkleinerung von BHT-Koks I bis III auf dem Stachelwalzwerk der Zomag. Mittlere Korngrößen des gebrochenen Gutes nach dem 1. und 3. Durchgang und des Sollgutes 3—20 mm abhängig von der Spaltweite

hat (Bild 21) zwei Walzen von einem Grunddurchmesser von 770 und einem Außendurchmesser (der Nockenmitte entsprechend) von 800 mm; die Walzenbreite wurde zu 756 mm gemessen. Die beiden Walzen werden mit Differentialgeschwindigkeit betrieben ( $n_1 = 125$ ;  $n_2 = 137$  U/min). Die Walzen werden über Keilriemen-Vorgelege durch zwei Motore zu je 5,5 kW angetrieben. Die Nocken, in der Form von Pyramidenstümpfen ausgebildet, haben eine untere Grundfläche von  $80 \times 110$ , eine obere von  $50 \times 70$  mm; ihre Höhe beträgt 30 mm. Um die Spaltweite einstellen zu können, ist, wie üblich, die eine Walze als Festwalze, die andere als Loswalze, gleitend gelagert, ausgebildet. Die Spaltweite kann je nach der Korngröße des Aufgabegutes und der beabsichtigten Brechfeinheit zwischen 10 und 70 mm variiert werden. Das Brechgut wird über ein Förderband in den Aufgabetrichter abgeworfen.

sind, je näher das Körnungsband der zu brechenden Sorte am gewünschten Körnungsband der zu erzeugenden Sorte liegt. Man hätte eher das Gegenteil erwartet.

### Brechversuche am Nockenwalzwerk

Die Versuche an Stachelwalzwerken erwiesen die Notwendigkeit des Brechens im Kreislauf, wobei ein Teil des Gutes dreimal den Spalt des Brechers passieren muß. Da bekannt ist, daß das Nockenwalzwerk feiner zerkleinert als das Stachelwalzwerk, war festzustellen, ob es den BHT-Koks in einem Durchgang auf eine solche Kornzusammensetzung zu brechen vermag, daß sich der Kreislauf erübrigt. Daher wurde eine Versuchsreihe an einem Nockenwalzwerk in der Versuchsbrikettfabrik Bitterfeld des Deutschen Brennstoffinstitutes angesetzt.

Das von der Firma Abus, Leipzig, 1951 gelieferte Nockenwalzwerk

Die erste Versuchsreihe sollte den Einfluß der Spaltweite klären. Sie wurde in den Stufen 21, 18 und 15 mm verändert. Die BHT-Kokssorten I, II und III wurden einmal gebrochen; es wurde also ohne Rückführung des Restgutes gearbeitet. Die *Bilder 22 bis 24* geben die erhaltenen Körnungskurven wieder. Sie lassen den gleichen typischen Verlauf wie beim Stachelwalzwerk erkennen: Von der Abszissenachse aus gesehen, laufen sie zunächst konkav an, über einen Wendepunkt gehen sie in konvexe Form über, um über einen zweiten Wendepunkt abermals konkav zur Abszissenachse

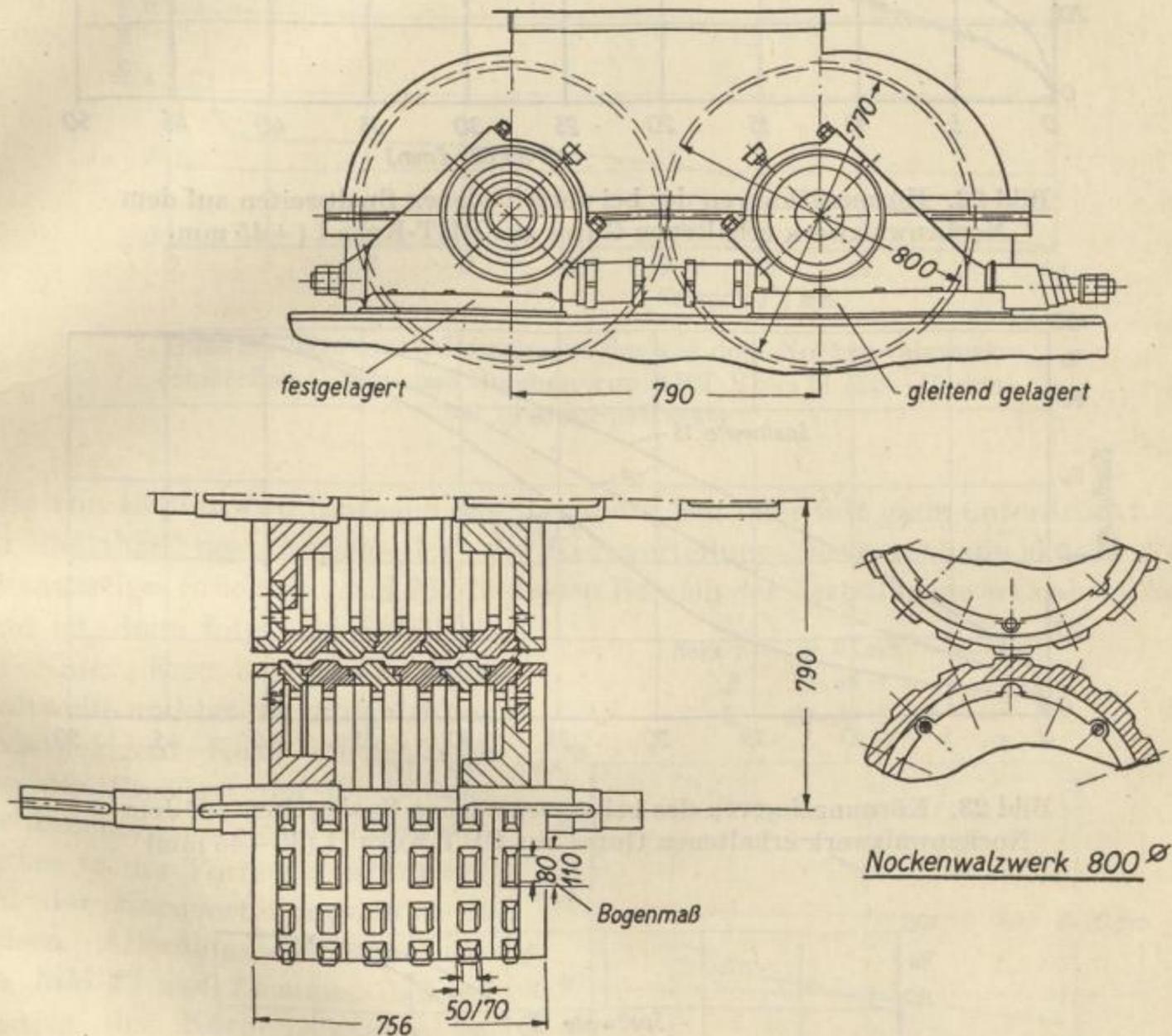


Bild 21. Nockenwalzwerk (Versuchsbrikettfabrik Bitterfeld)

zu verlaufen, wobei sie sich allmählich an die Waagerechte bei 100% anschmiegen. Demgemäß hat die Kornverteilungskurve — als Differentialkurve der Körnungscharakteristik — folgende Form: Im Bereich der niedrigsten Korngröße fällt sie von einem Randmaximum bei der Korngröße  $d = 0$  bis auf ein Minimum ab, steigt dann bis zu einem Maximum an, um schließlich bis zum Wert 0 bei der maximalen Korngröße abzufallen.

Besonders ausgeprägt ist der schon hinlänglich bekannte Typ der Körnungskurve beim Brechen der Kokssorte III (*Bild 24*); beim Brechen von Kokssorte I und II (*Bild 22 und 23*) zeigt er sich für die Spaltweiten 18 und 21 mm. Im Falle der Spalt-

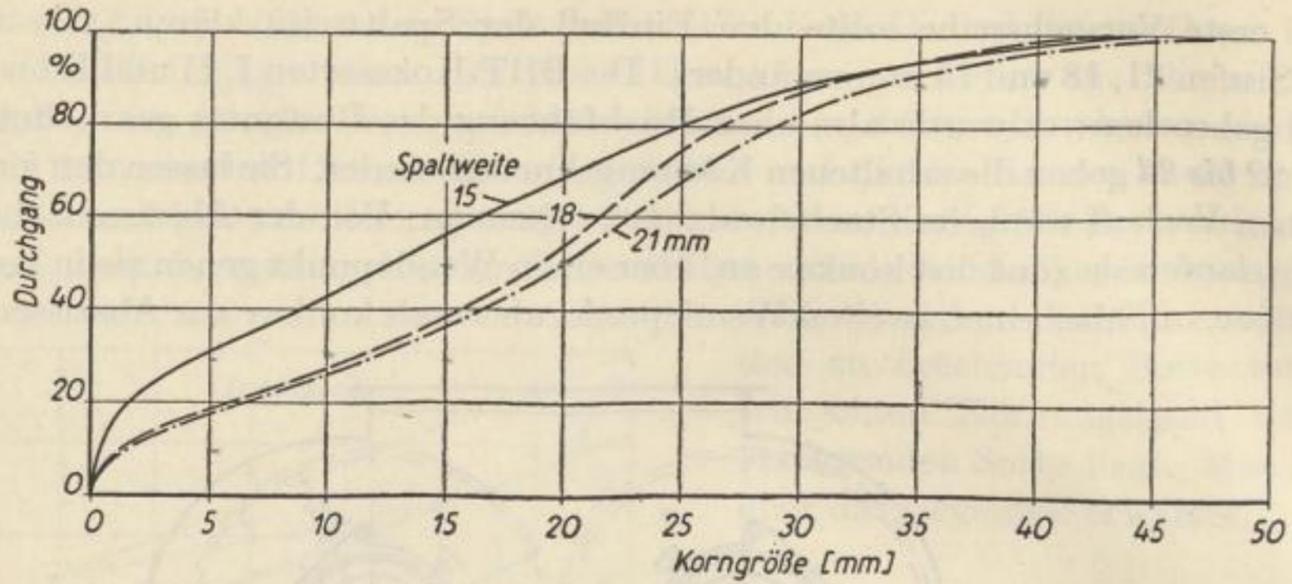


Bild 22. Körnungskurven des bei verschiedenen Spaltweiten auf dem Nockenwalzwerk erhaltenen Gutes aus BHT-Koks I (+45 mm)

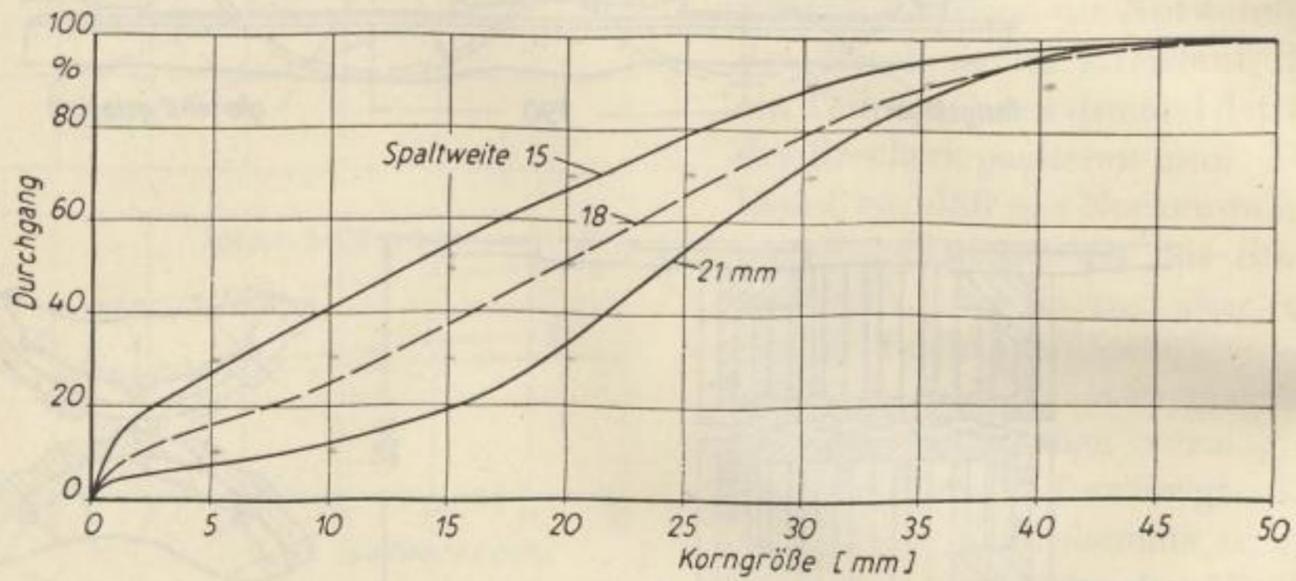


Bild 23. Körnungskurven des bei verschiedenen Spaltweiten auf dem Nockenwalzwerk erhaltenen Gutes aus BHT-Koks II (30-45 mm)

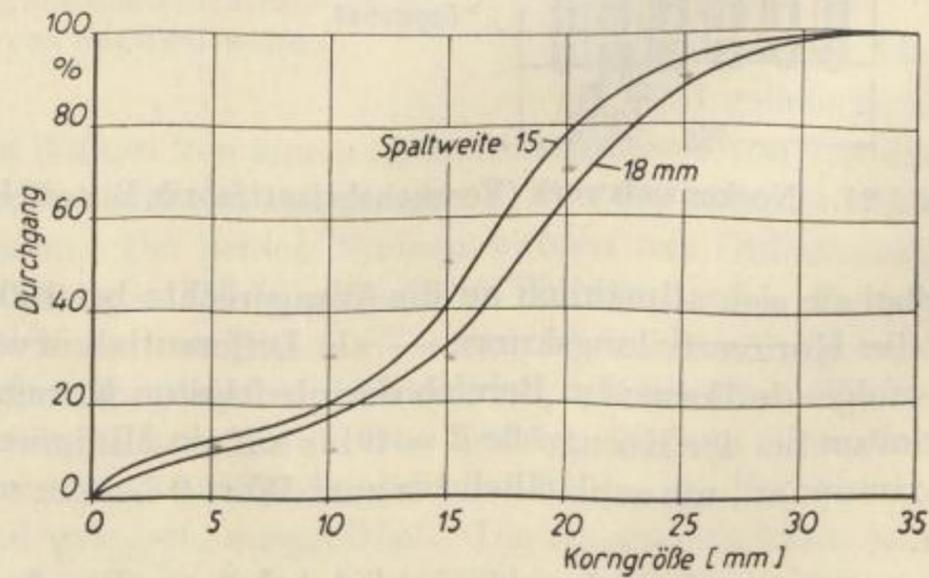


Bild 24. Körnungskurven des bei verschiedenen Spaltweiten auf dem Nockenwalzwerk erhaltenen Gutes aus BHT-Koks III (20-30 mm)

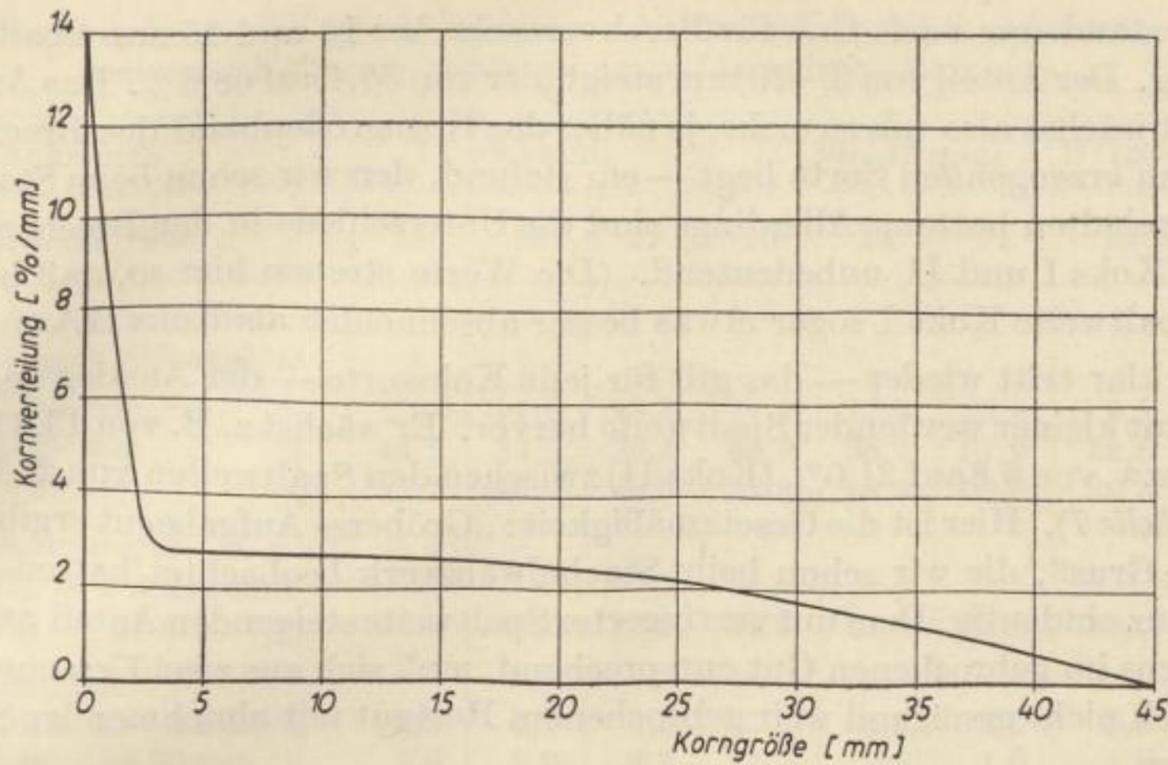


Bild 25. Kornverteilungskurve des auf dem Nockenwalzwerk erhaltenen Gutes beim Brechen von BHT-Koks II (30—45 mm) bei 15 mm Spaltweite

weite von 15 mm wird hingegen das Maximum fast oder fast ganz unterdrückt. An den Steilabfall des „Abriebteiles“ der Kornverteilungskurve schließt sich hier ein plateauartiges Stück an (Bild 25), in dessen Bereich der Verteilungswert nahezu konstant ist, dann folgt der Abfall bis auf Null. Erst bei dieser engen Spaltweite und bei der Aufgabe von großstückigem Koks scheint sich also die Eigenart der Ausbildung der Brechorgane des Nockenwalzwerkes in der Form der Körnung- und der Kornverteilungskurve zu äußern. Allerdings entnimmt man aus Bild 22 und 23 auch, daß der Anstieg der Körnungskurven im Feinsten, also die unerwünschte Bildung von Grus (0—3 mm), bei 15 mm Spaltweite am krassesten ist.

Nach Bild 26 nimmt stets, gleichgültig welche Kokssorte gebrochen wird, der gebildete Anteil von 3 bis 20 mm mit enger werdender Spaltweite zu, so bei Koks I von 36,4% auf 44,2% und bei Koks II von 27,2 auf 46,2% zwischen den Spaltweiten 21 und 15 mm. Von

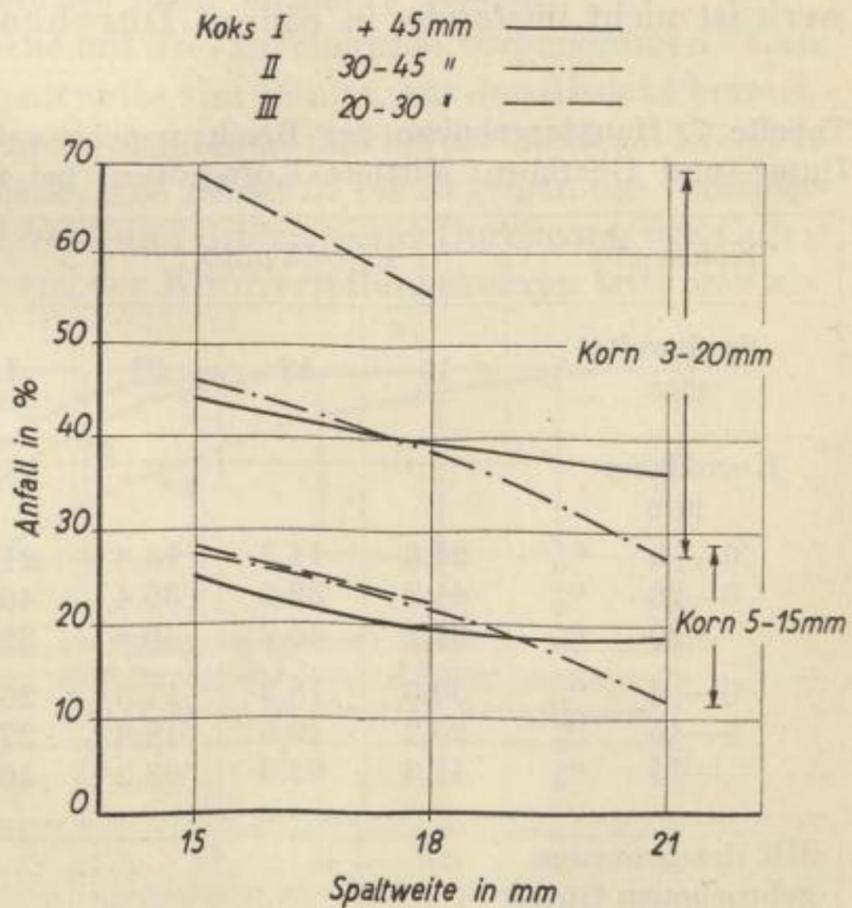


Bild 26. Ergebnisse der Zerkleinerung von BHT-Koks auf dem Nockenwalzwerk abhängig von Spaltweite und Kokssorte

Koks III stand nur noch Gut für Brechversuche bei 18 und 15 mm Spaltweite zur Verfügung. Der Anteil von 3—20 mm steigt hier von 55,4 auf 68,6%. Das Ausbringen an Sollgut wächst also um so mehr, je näher das Korngrößenband des Brechgutes zu dem der zu erzeugenden Sorte liegt — ein Befund, den wir schon beim Stachelwalzwerk festgehalten hatten. Allerdings sind die Unterschiede in den Brechergebnissen zwischen Koks I und II unbedeutend. (Die Werte streuen hier so, daß bei 18 und 21 mm Spaltweite Koks I sogar etwas besser abschneidet als Koks II.)

Völlig klar tritt wieder — das gilt für jede Kokssorte — der Anstieg des Anfalles an Grus mit kleiner werdender Spaltweite hervor. Er wächst z. B. von 13,8 bis 24,6% (Koks I) bzw. von 5,8 auf 21,0% (Koks II) zwischen den Spaltweiten von 21 bis 15 mm (siehe *Tabelle 7*). Hier ist die Gesetzmäßigkeit: „Gröberes Aufgabegut ergibt höheren Anfall an Grus“, die wir schon beim Stachelwalzwerk beobachtet hatten (*Bild 13*), wieder ganz eindeutig. Dem mit verringerter Spaltweite steigenden Anteil an Sollkorn und an Grus im gebrochenen Gut entsprechend, muß sich aus zwei Ursachen der Anteil an noch nicht genügend weit gebrochenem Restgut mit abnehmender Spaltweite verkleinern.

Rechnet man die Ergebnisse unter Einbeziehung von Unter- und Überkorn auf eine technische Körnung um (*Tabelle 8*), so ergibt sich das höchste Ausbringen an erwünschtem Gut beim Brechen der Sorte BHT-Koks III mit 80,7%, wobei nur 1,0% Grus 0—3 mm übrig bleibt, allerdings auch noch 18,3% ungenügend gebrochenes Gut. Für Koks II erhält man nur ein Höchstausbringen von 54,3%, für Koks I nur ein solches von 52,0%. Dabei beträgt die verbleibende Grusmenge 15,6 und 19,4%. Alle Höchstwerte liegen bei 15 mm Spaltweite. Hieraus folgt: Auch das Nockenwalzwerk ist nicht imstande, in einem Durchgang das gesamte Aufgabegut in die

Tabelle 7. Hauptergebnisse der Brechversuche auf dem Nockenwalzwerk (Sollgut-Anfall; Unter- und Überkorn; Mittlere Korngrößen) bei verschiedener Spaltweite und Kokssorte

Kokssorte	I (+45 mm)			II (30—45 mm)			III (20—30 mm)	
	15	18	21	15	18	21	15	18
Spaltweite mm								
Kornklasse mm								
0—3 %	24,6	14,3	13,8	21,0	12,0	5,8	9,1	7,0
3—20 %	44,2	39,5	36,4	46,2	38,7	27,2	68,6	55,4
+20 %	31,2	46,2	49,8	32,8	49,3	67,0	22,3	37,6
0—5 %	30,5	18,2	17,5	26,3	15,3	7,3	11,7	9,4
5—15 %	25,2	19,5	18,8	27,7	21,9	12,0	28,4	22,1
+15 %	44,3	62,3	63,2	46,0	62,8	80,7	59,9	68,5
MK des gesamten gebrochenen Gutes mm	14,2	17,7	19,0	14,9	19,6	23,6	15,1	15,2
MK <sub>3—20</sub> mm	11,4	12,4	12,2	11,4	12,3	13,7	14,2	14,3

Bild  
g

Tabelle 8. Hauptergebnisse der Brechversuche am Nockenwalzwerk bei verschiedener Spaltweite und Kokssorte, umgerechnet auf technische Körnung

Kokssorte	I (+45 mm)			II (30—45 mm)			III (20—30 mm)	
	15	18	21	15	18	21	15	18
Kornzusammensetzung des zerkl. Gutes nach Siebanalyse								
0—3 mm	24,6	14,3	13,8	21,0	12,0	5,8	9,1	7,0
3—20 mm	44,2	39,5	36,4	46,2	38,7	27,2	68,6	55,4
+20 mm	31,2	46,2	49,8	32,8	49,3	67,0	22,3	37,6
Technische Körnung (3—20 mm)								
einschl. 10% 0—3 mm und 5% +20 mm	52,0	46,5	42,9	54,3	45,6	32,0	80,7	65,2
davon entfallen auf								
zul. Unterkorn 0—3 mm	5,2	4,7	4,3	5,4	4,6	3,2	8,1	6,5
zul. Überkorn +20 mm	2,6	2,3	2,2	2,7	2,3	1,6	4,0	3,3
Es verbleiben								
0—3 mm	19,4	9,6	9,6	15,6	7,4	2,6	1,0	0,5
+20 mm	28,6	43,9	47,6	30,1	47,0	65,4	18,3	34,3

Sorte 3—20 mm mit zulässigen Unter- und Überkorngehalten umzuwandeln. Somit kann auch beim Nockenwalzwerk das Absieben des gebrochenen Gutes und das erneute Brechen des verbliebenen Restkornes nicht entbehrt werden.

Daher wurden nunmehr Brechversuche mit drei Brechstufen vorgenommen. Man entschied sich dabei für die Wahl der Spaltweite von 18 mm, aus der Absicht heraus, den Anfall an Grus einzuschränken und in der Annahme, daß bei dreimaligem Brechen das Restgut praktisch verschwinden würde. Die Bilder 27 bis 29 zeigen die Veränderung des Körnungsaufbaus nach ein-, zwei-, und dreimaligem Durchgang des Gutes durch den Brechspalt. Die bekannte Form der Kornverteilungskurven tritt wieder-

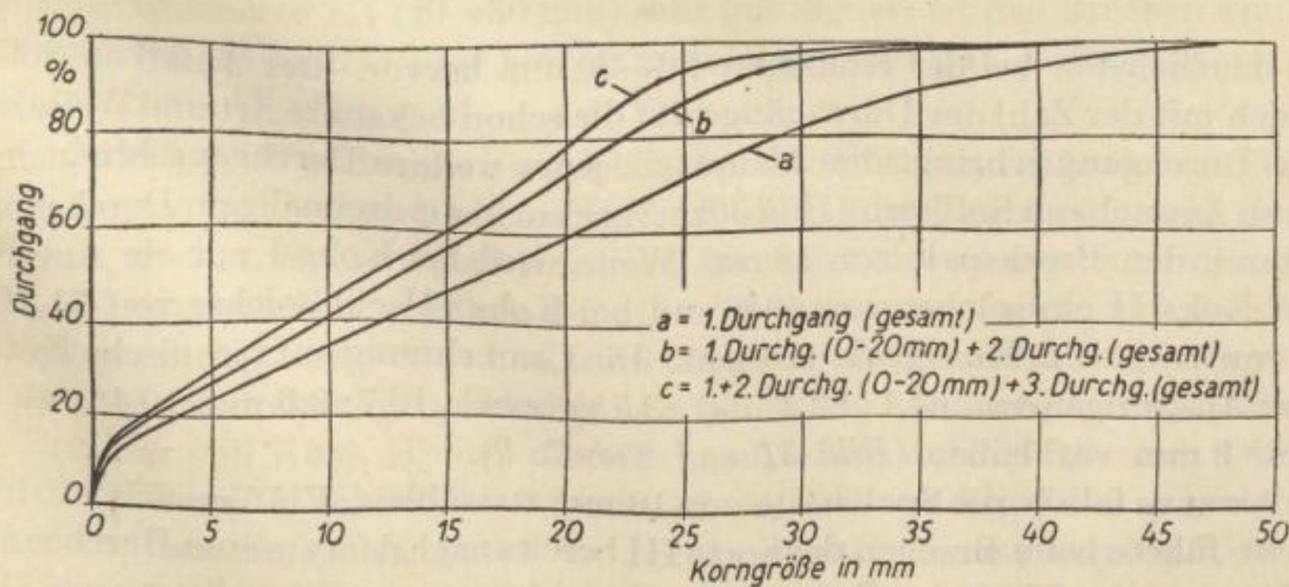


Bild 27. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks I (+45 mm) auf dem Nockenwalzwerk bei 18 mm Spaltweite

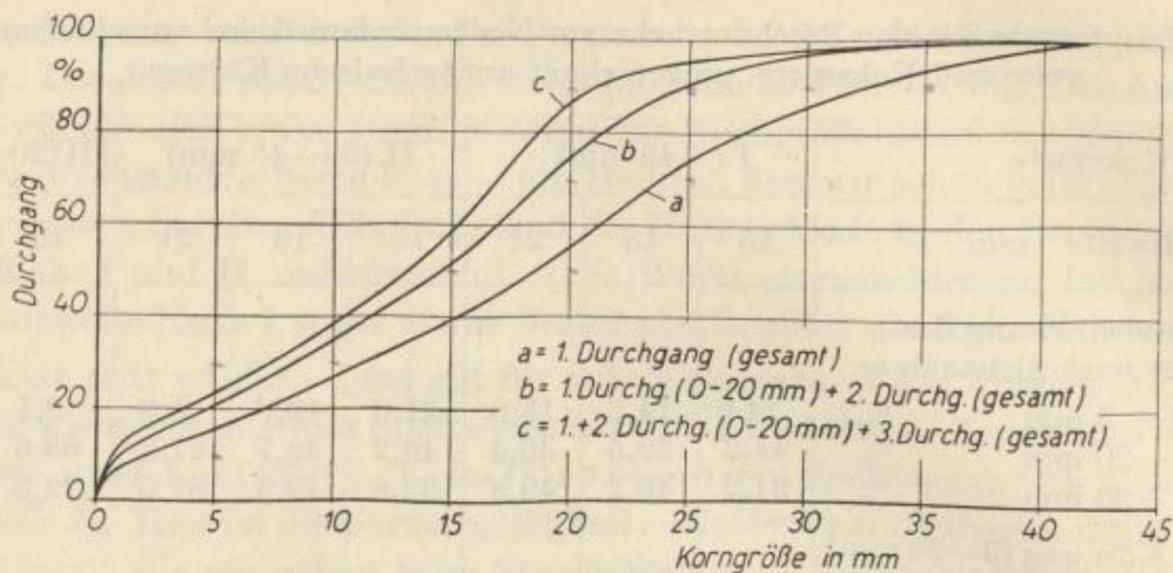


Bild 28. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks II (30—45 mm) auf dem Nockenwalzwerk bei 18 mm Spaltweite

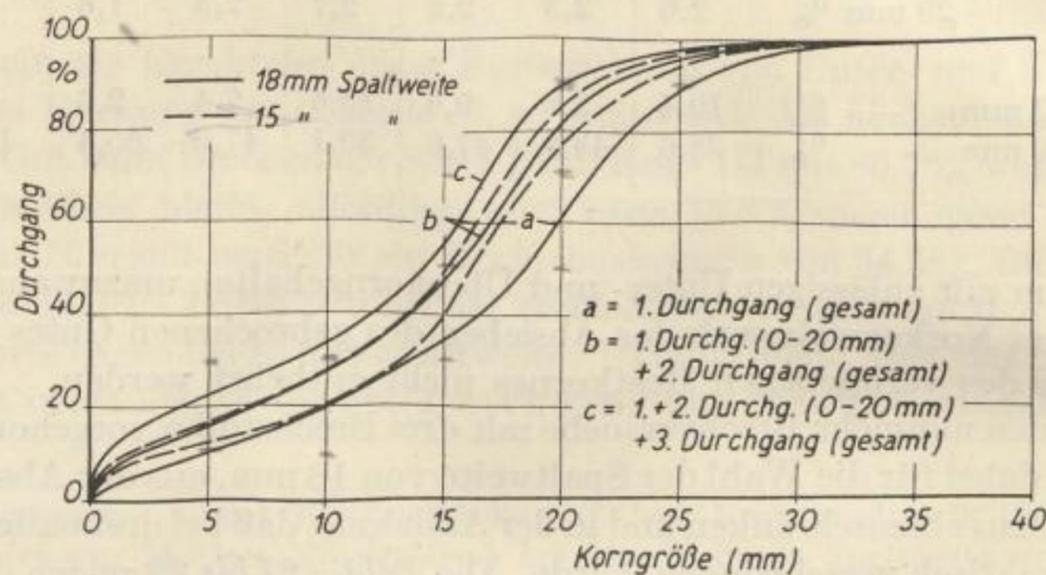


Bild 29. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks III (20—30 mm) auf dem Nockenwalzwerk bei 15 und 18 mm Spaltweite

um am deutlichsten bei der Kokssorte 20—30 mm hervor. Der Anfall an Sollkorn erhöht sich mit der Zahl der Durchgänge auf die schon bekannte Art und Weise, d. h., der erste Durchgang erbringt den Hauptteil, jeder weitere Durchgang bringt immer geringeren Zuwachs an Sollkorn (Bild 30). Aber auch mit dreimaligem Durchgang des Gutes durch den Brechspalt von 18 mm Weite wird bei Koks I nur ein Anteil von 54,5, bei Koks II ein solcher von 69,9 und bei Koks III ein solcher von 71,1% an Sollgut von 3—20 mm Korngröße erreicht. Die Umrechnung auf technische Körnung führt auf Ausbringen von 64,1; 82,2 und 83,7%, wobei 16,7; 9,6 und 10,4% an Grus von 0 bis 3 mm verbleiben (Bild 31 und Tabelle 9).

Somit war es falsch, die Spaltweite von 18 mm zu wählen. Ein Versuch mit 15 mm Spaltweite führte beim Brechen der Sorte III bereits nach dem zweiten Durchgang auf ein Ausbringen von 76,8% im Gut von 3—20 mm bzw. unter Einrechnung von Unter- und Überkorn auf ein solches von 90,3%, wobei nur 4% Grus 0—3 mm verblieben. Dies ist der höchste Wert des Ausbringens an erwünschtem Gut, der bislang zu ver-

zeichnen war. Leider konnten die Versuche mit dem Nockenwalzwerk bei 15 mm Spaltweite nicht weitergeführt werden, da der verfügbare Koks verbraucht war und das Nockenwalzwerk infolge betrieblicher Veränderungen abgebaut wurde, so daß auch eine spätere Ergänzung der Versuche nicht mehr möglich war.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Körnung des Aufgabegutes für das Brechergebnis des Nockenwalzwerkes von großem Einfluß ist. Während es

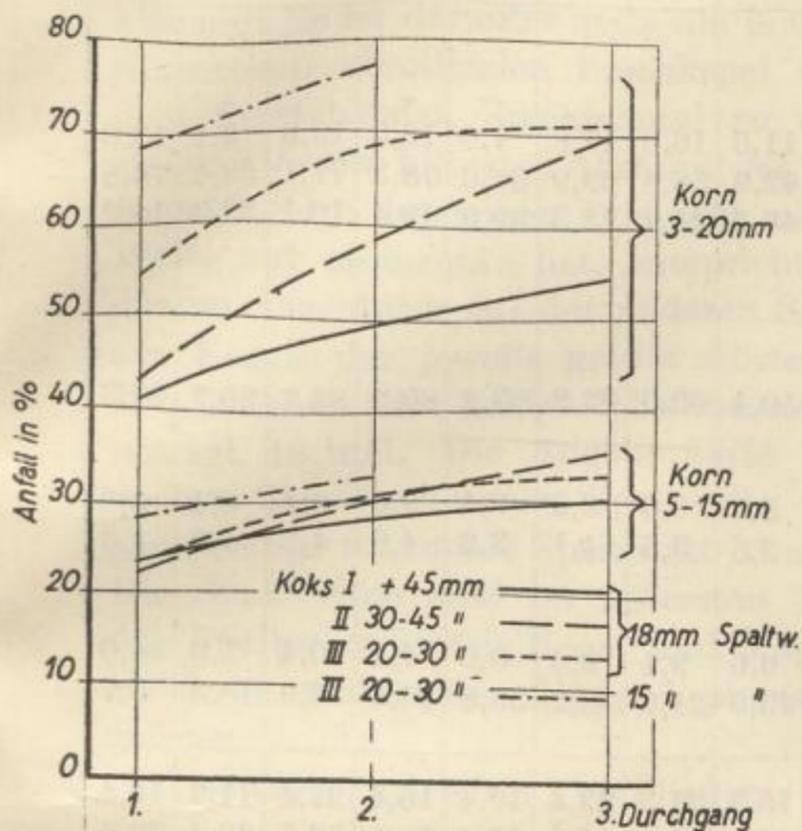


Bild 30. Brechen von BHT-Koks auf dem Nockenwalzwerk. Sollgutanteil abhängig von der Zahl der Durchgänge und der Kokssorte

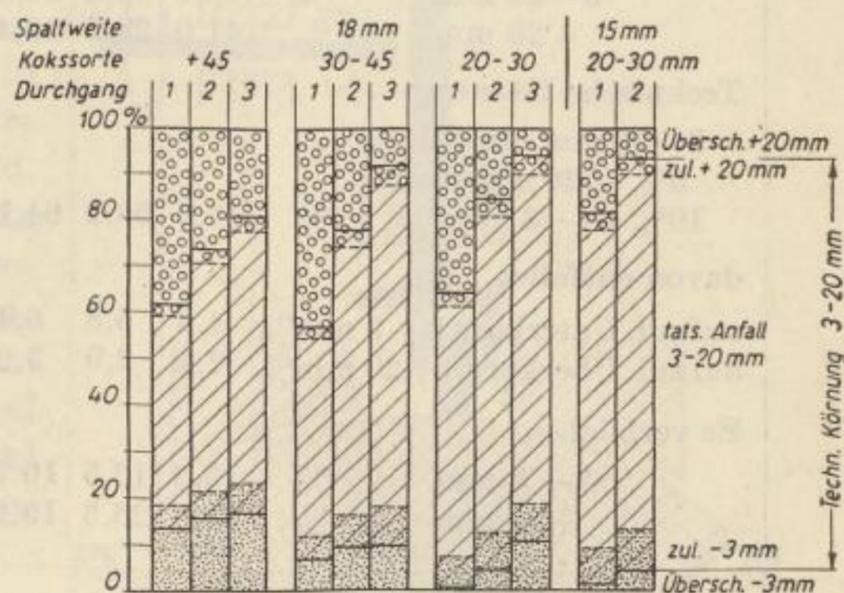


Bild 31. Brechen von BHT-Koks auf dem Nockenwalzwerk. Ausbringen an technischer Körnung IV (3—20 mm), Grus- und Restgutüberschuß

sich für die Kokssorte III (20—30 mm) sehr gut eignet, ist das Brechen von Sorte I unbefriedigend, da hierbei sehr viel Grus entsteht und das Ausbringen an der gewünschten Sorte IV niedrig ist.

Aus *Tabelle 9* ist weiterhin die wichtigste Erkenntnis zu entnehmen, daß nicht nur der Grusanfall 0—3 mm als solcher mit steigender Durchgangszahl durch den Brechspalt wächst, sondern daß auch die überschüssige Grusmenge, die nicht als zulässiges Unterkorn im gebrochenem Gut Verwendung findet, mit der Zahl der Durchgänge wächst. So verbleiben beim Brechen von Koks I im einmaligen Durchgang 13,5%, im dreimaligen Durchgang aber 16,7% als überschüssiges Unterkorn; beim Brechen von Koks II sind die entsprechenden Zahlen 6,6 und 9,6%; beim Brechen von Koks III schließlich 0,6 und 10,4%. Hieraus folgt, daß es nicht günstig ist, eine restlose Aufspaltung der zu brechenden Sorte anzustreben. Das Kreislaufsystem muß daher eine Kreislauföffnung haben, durch die ein Teil des noch nicht genügend gebrochenen Gutes für anderweitigen Absatz abgezogen werden kann.

Tabelle 9. Hauptergebnisse der Brechversuche am Nockenwalzwerk mit verschiedener Zahl der Durchgänge

Spaltweite mm	18						15					
	I (+45) mm			II (30—46) mm			III (20—30) mm					
Kokssorte mm												
Durchgang	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Kornzusammensetzung nach Siebanalyse												
0—3 mm	%	18,3	21,3	23,1	11,6	16,0	17,8	7,0	12,3	18,8	9,1	13,0
3—20 mm	%	40,7	49,5	54,5	42,9	58,6	69,9	54,0	68,3	71,1	68,6	76,8
+20 mm	%	41,0	29,2	22,4	45,5	25,4	12,3	39,0	19,4	10,1	22,3	10,2
Technische Körnung												
3—20 mm einschl. 5% +20 mm und 10% 0—3 mm	%	47,9	58,2	64,1	50,4	69,0	82,2	63,2	80,3	83,7	80,7	90,3
davon entfallen												
aufzul. Unterkorn 0—3 mm	%	4,8	5,8	6,4	5,0	6,9	8,2	6,4	8,0	8,4	8,1	9,0
aufzul. Überkorn +20 mm	%	2,4	2,9	3,2	2,5	3,5	4,1	3,2	4,0	4,2	4,0	4,5
Es verbleiben												
0—3 mm	%	13,5	15,5	16,7	6,6	9,1	9,6	0,6	4,3	10,4	1,0	4,0
+20 mm	%	38,6	26,3	19,2	43,0	21,9	8,2	35,8	15,4	5,9	18,3	5,7
0—5 mm	%	22,5	27,4	29,6	15,9	21,3	23,4	10,4	16,4	21,4	11,7	16,4
5—15 mm	%	23,5	27,8	30,1	22,3	29,8	35,0	23,6	30,5	32,7	28,4	32,6
+15 mm	%	53,2	44,8	40,3	61,8	48,9	41,6	66,0	53,1	45,9	59,9	51,0

### Versuche an Kegelbrechern

Eine in der allgemeinen Aufbereitungstechnik sehr bekannte Brecherkonstruktion ist der Kegelbrecher (Symons-Brecher). Er konnte beim Studium der Frage des Brechens von BHT-Koks nicht ausgelassen werden. *Bild 32* deutet nach KIRCHBERG [4] das Zerkleinerungsprinzip an: Das Aufgabegut wird in dem vom unbeweglichen Brechmantel und vom Brechkegel gebildeten Brechraum gebrochen. Dem Brechkegel wird eine gelenkte exzentrische Bewegung erteilt. Er schlägt mit großer Geschwindigkeit hin und her, rollt sich gewissermaßen fortwährend auf dem Brechmantel ab und dreht sich dabei langsam um seine Achse. Er bricht das Einsatzgut durch die diesem fortgesetzt erteilten Schläge.

Die Brechversuche mit BHT-Koks wurden an zwei Laboratoriumstypen im Forschungsinstitut für Aufbereitung der Forschungsgemeinschaft der Deutschen Akademie der Wissenschaften, Freiberg (Prof. Dr.-Ing. habil. KIRCHBERG), und an einem Brecher von Betriebsgröße im VEB Stickstoffwerk Piesteritz vorgenommen.

#### Brechversuche am Symons-Kegelbrecher, Typ 1

Dieser trägt die Typenbezeichnung „Flachkegelbrecher Bauart Symons, Typ 1“. Er ist von der Werkstatt des Forschungsinstitutes für Aufbereitung nach Konstruk-

tionsunterlagen des VEB Schwermaschinenbau Ernst Thälmann, Magdeburg, gebaut worden. Der Brecher ist mit einem Motor von 10 kW ausgerüstet. Die Drehzahl der Brecherwelle ist 335 U/min. Die maximale Korngröße des Aufgabegutes darf 30 mm sein. An Hand einer mit den Ziffern 1 bis 17 bezeichneten Skala kann die Spaltweite eingestellt werden, wobei die Einstellung 1 einem Abstand des Kegels vom Mantel gleich 0, die Einstellung 17 einem solchen von 16 mm entspricht.

Der Begriff „Spaltweite“ bedarf in Hinsicht auf den Kegelbrecher noch einer Erklärung: Es ist darunter stets die jeweils geringste Entfernung zwischen dem sich exzentrisch abrollenden Brechkegel und dem feststehenden Brechmantel zu verstehen. Diesem kleinsten Abstand, den der Kegel infolge der hohen Drehzahl seiner Welle nur momentan hat, entspricht in diesem Augenblick auf der anderen Seite des Kegels der jeweils größte Abstand. Die Differenz der beiden Abstandswerte beträgt 19 mm. Die Angabe 14/33 bedeutet also: minimale Spaltweite 14; gleichzeitige maximale Spaltweite 33 mm. Die Spaltweiten sind im untersten Teil des Spaltes zwischen Kegel und Mantel als deren senkrechter Abstand gemessen worden.

Der Versuchsbrecher Typ I ließ nur das Brechen von BHT-Koks Sorte III (20 bis 30 mm) zu. Der Versuchskoks hatte 1,7% Wassergehalt. Das Unterkorn wurde zu 17,5% ermittelt, wovon 15% auf die Kornklasse 15 bis 20 mm und nur 2,5% auf den Kornklassenbereich 0—15 mm entfielen.

Die Versuche wurden mit den Spaltweiten 10/29; 12/31; 13/32; 14/33; 15/34 und 16/35 vorgenommen. Es interessiert zunächst die Beantwortung der Frage: Weicht das Bild der Körnungskurve und der Kornverteilungskurve des Kegelbrechers von dem des Walzwerkes ab? Dies ist nach Bild 33 nicht der Fall. Die Körnungskurven zeigen vielmehr den gleichen starken Aufschwung im Gebiet der Korngröße von 0 bis 3 mm, wie er von den Brechprodukten des Walzwerkes her bekannt ist; die anschließende Verflachung des von der Abszissenachse aus als konkav anzusprechenden Kurventeils geht in eine Ausbauchung nach unten über; an diesen konvexen Kurventeil schließt sich ein konkaver Auslauf an. Dementsprechend ist die Kornverteilungskurve wieder mit Randmaximum bei Korngröße 0, einem Minimum im Bereich der kleinen Korngrößen und einem Maximum im Bereich mittlerer Korngrößen ausgestattet.

Nach dem Verlauf der Körnungskurven in Bild 33, die für einmaligen Durchgang des Gutes gelten, kann somit von vornherein gesagt werden, daß die Brechergebnisse

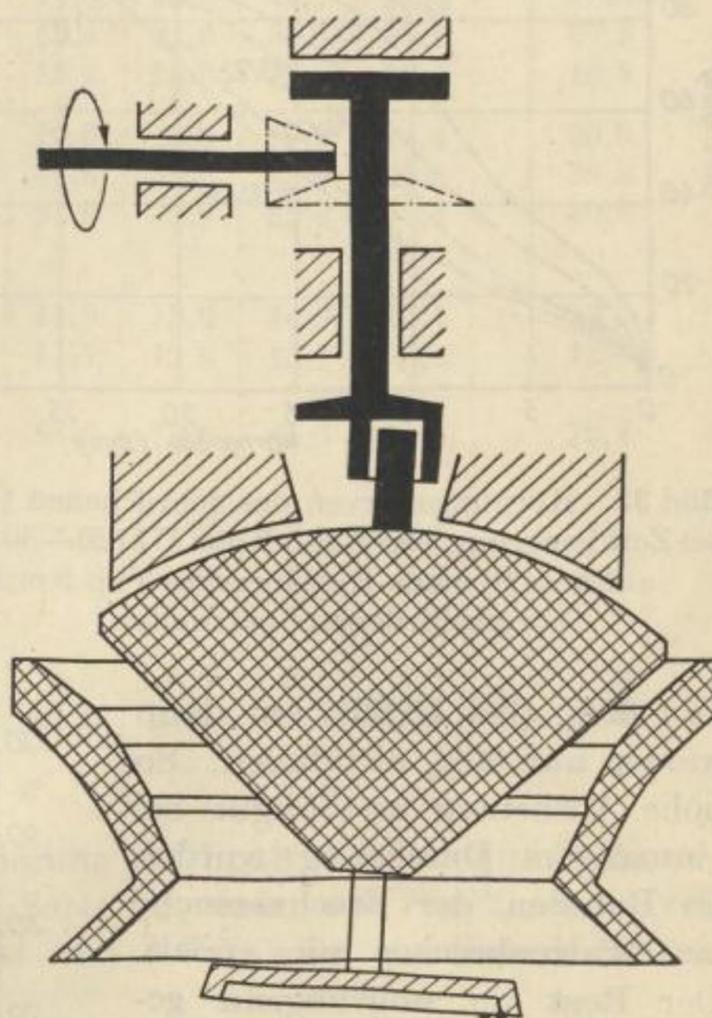


Bild 32. Bewegungsschema des Symons-Kegelbrechers

des Symons-Brechers nur graduell, nicht aber essentiell von denen des Walzwerkes abweichen werden.

Mit kleiner werdender Spaltweite wird das gebrochene Gut wie üblich feiner, doch überschneiden sich die Körnungskurven bei den größten Spaltweiten. Mit der Spaltweite 10/29 gelingt es, in einmaligem Durchgang ein Brechprodukt zu erlangen, das 95% Durchgang durch das 20-mm-Sieb aufweist, also nur den als Überkorn vertragbaren Brechrest von < 5% aufweist — ein Ergebnis, das mit dem Stachel- oder Nockenwalzwerk nie zu erreichen war. Aber dieses Brechprodukt weist 30% Unterkorn unter 3 mm statt der zugelassenen 10% auf. Hiernach ist es also auch beim Kegelbrecher nicht möglich, in einem Durchgang sämtliches Aufgabegut in die gewünschte Sorte IV (3 bis 20 mm) umzuwandeln. Es fällt dabei ein erheblicher Überschuß an Grus 0—3 mm an.

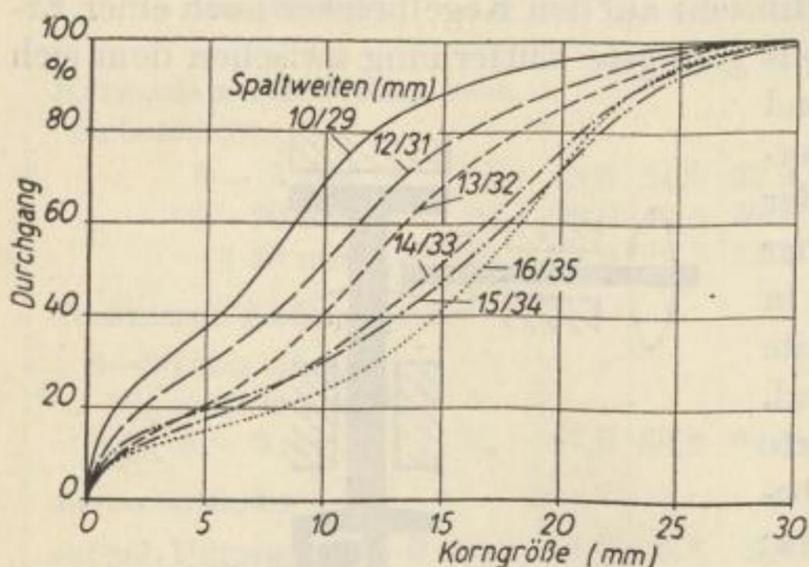


Bild 33. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei Zerkleinerung von BHT-Koks III (20—30 mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ I mit verschiedenen Spaltweiten

von 69% (bei 13/32), um dann wieder auf 66% abzufallen. So hohe Ausbeuten an Sollgut bei einmaligem Durchgang wurden im Rahmen der Brechversuche am Walzenbrecher nie erzielt. Der Rest an ungenügend gebrochenem Gut fällt von 28,5% auf 4,5% ab. Gleichzeitig steigt aber der Grusanfall 0—3 mm von 12 auf 29% (siehe Tabelle 10).

Auf Gut mit zugelassenem Unter- und Überkorn, also auf die technische Körnung bezogen, ist ein Anstieg des Ausbringens von 66 bis 70% bei den Spaltweiten 15/39 und 16/35, auf ein Maximum von 81,6% bei der Spaltweite 13/32 zu verzeichnen (Bild 34 und Tabelle 10).

Hierbei verbleiben überschüssig 7,3% von 0—3 mm und 11%

baren Brechrest von < 5% aufweist — ein Ergebnis, das mit dem Stachel- oder Nockenwalzwerk nie zu erreichen war. Aber dieses Brechprodukt weist 30% Unterkorn unter 3 mm statt der zugelassenen 10% auf. Hiernach ist es also auch beim Kegelbrecher nicht möglich, in einem Durchgang sämtliches Aufgabegut in die gewünschte Sorte IV (3 bis 20 mm) umzuwandeln. Es fällt dabei ein erheblicher Überschuß an Grus 0—3 mm an.

Mit von 16/35 auf 10/29 mm abfallender Spaltweite steigt das Ausbringen an Korn von 3—20 mm von 56 bis 60% auf einen Höchstwert

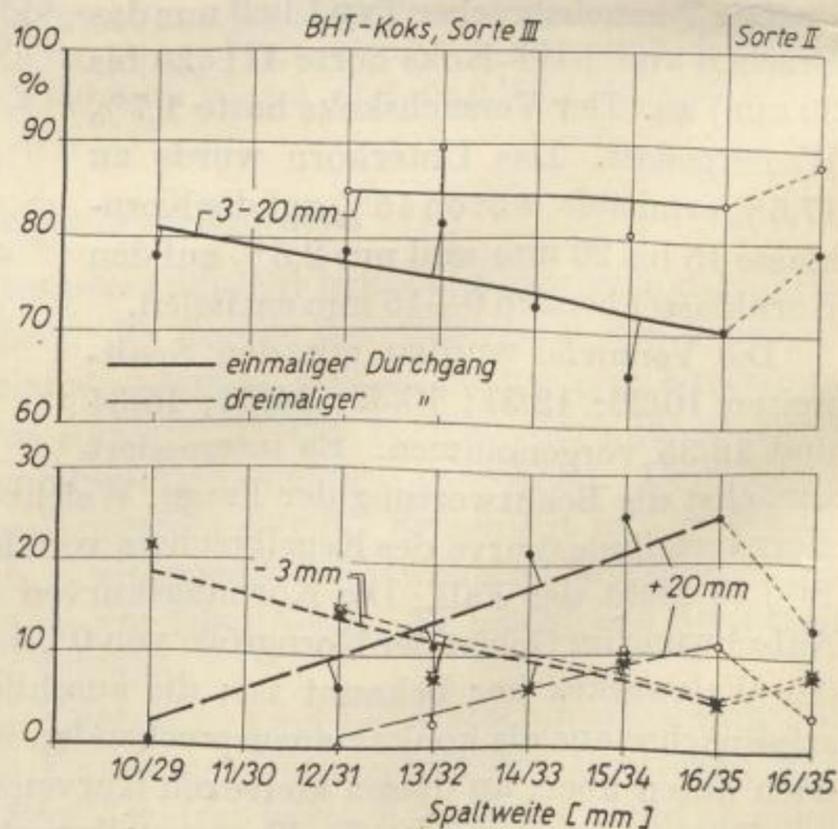


Bild 34. Ausbringen an technischer Körnung sowie Unter- und Überkorn-Überschuß beim Brechen von BHT-Koks III auf dem Symons-Kegelbrecher Typ I mit verschiedenen Spaltweiten bei ein- und dreimaligem Durchgang

Tabelle 10. Hauptergebnisse der Brechversuche mit BHT-Koks III auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 1 bei verschiedener Spaltweite (einmaliger Durchgang)

Kokssorte	III (20—30 mm)						II (30—45 mm)
	Spaltweiten mm	10/29	12/31	13/32	14/33	15/34	16/35
Kornklasse							
mm							
0—3	%	29,2	22,6	15,5	13,5	15,7	11,8
3—20	%	66,3	66,9	69,4	61,6	55,7	59,8
+20	%	4,5	10,5	15,1	24,9	28,6	28,4
0—5	%	37,6	29,1	20,6	16,9	19,2	14,8
5—15	%	51,1	47,7	47,6	35,2	28,0	26,8
+15	%	11,3	23,2	31,8	47,9	52,8	58,4
MK des gesamten gebrochenen Gutes	mm	7,7	10,1	11,9	13,9	14,5	15,1
MK <sub>3-20</sub>	mm	9,7	11,0	11,7	12,8	13,1	13,8
Technische Körnung 3—20 mm	%	78,0	78,7	81,6	72,5	65,5	70,4
davon							
zul. Unterkorn — 3 mm	%	7,8	7,9	8,2	7,3	6,6	7,0
zul. Überkorn +20 mm	%	3,9	3,9	4,1	3,6	3,3	3,5
Überschuß an							
Unterkorn — 3 mm	%	21,4	14,7	7,3	6,2	9,1	4,8
Überkorn +20 mm	%	0,6	6,6	11,0	21,3	25,3	24,9

Rest von +20 mm. Bei weiterer Verkleinerung der Spaltweite bis auf 10/29 mm sinkt das Ausbringen an der gewünschten Sorte IV wieder auf 78,0% ab; es verbleibt nur ein unbedeutender Überkornrest von 0,6%, aber ein Unterkornüberschuß von 21,4%.

Betrieibt man den Kegelbrecher im Kreislauf, d. h., führt man das ungenügend gebrochene Restgut auf ihn zurück, so bleibt der Betriebspunkt des maximalen Ausbringens an Sollgut bei der Spaltweite 13/32. Auf technische Körnung bezogen beträgt das Ausbringen an Sollgut 89,7% (Tabelle 11 und Bild 34). Es verbleiben 7,7% an Korn von 0—3 mm und 2,6% an Korn +20 mm Korngröße. Mindert man die Spaltweite auf 12/31 mm, so fällt das Ausbringen an Sorte IV auf 85% ab; es verbleibt kein Überkorn, der Rest von 15% ist Grus von 0—3 mm.

Obwohl der Brecher Typ 1 nach seinen technischen Daten nur für eine maximale Korngröße des Aufgabegutes von 30 mm bestimmt ist, wurde mit der größten Spaltweite ein Tastversuch zum Brechen von BHT-Koks II (30—45 mm) vorgenommen. Das Ergebnis war keinesfalls ungünstig. Im ersten Durchgang wurde ein Anfall an Sollkorn 3—20 mm von 67,3% erzielt, was für die technische Körnung 79,2% entspricht; hierbei verblieb ein Überschuß von 7,9% an Korn 0—3 mm und 12,9% an Korn +20 mm. Dreimaliger Durchgang erhöhte das Ausbringen an der technischen Körnung 3—20 auf 88,3% mit 8,1% überschüssigem Grus 0—3 und 3,6% Überschuß

15

Tabelle 11. Hauptergebnisse der Brechversuche mit BHT-Koks III auf dem Symons-Kegelbrecher Typ I bei verschiedenen Spaltweiten (dreimaliger Durchgang)

Kokssorte			III (20—30 mm)				II (30—45mm)
Spaltweiten mm			12/31	13/32	15/34	16/35	16/35
Kornklasse mm							
0—3	%		23,5	16,7	17,3	13,5	16,9
3—20	%		72,6	76,2	68,3	71,4	75,1
+20	%		3,9	7,1	14,4	15,1	8,0
0—5	%		30,4	22,2	21,3	17,0	22,3
5—15	%		50,7	51,3	34,0	31,6	41,6
+15	%		18,9	26,5	44,7	51,4	36,1
MK des ges. gebr. Gutes	mm		9,3	10,9	12,7	13,6	11,8
MK	3—20 mm	mm	11,2	11,8	13,3	13,9	12,8
Technische Körnung							
	3—20 mm	%	85,0	89,7	80,4	84,0	88,3
davon							
zul. Unterkorn	— 3 mm	%	8,5	9,0	8,0	8,4	8,8
zul. Überkorn	+20 mm	%	4,3	4,5	4,0	4,2	4,4
Überschuß an							
Unterkorn	— 3 mm	%	15,0	7,7	9,3	5,1	8,1
Überkorn	+20 mm	%	0	2,6	10,4	10,9	3,6

an Gut +20 mm — ein Resultat, das nur unwesentlich schlechter ist, als die bei der Spaltweite 13/32 erzielten Bestwerte mit der Körnung 20—30 mm. Da aber die Spaltweite 16/35 mm die äußerste Grenze des bei Typ I einstellbaren Bereiches darstellte, wurden die weiteren Untersuchungen an einem Brecher vom Typ 2 vorgenommen.

### Brechversuche am Symons-Kegelbrecher Typ 2

Der Symons-Kegelbrecher Typ 2 im Forschungsinstitut für Aufbereitung, Freiberg, ist nach demselben Prinzip gebaut wie der bereits beschriebene Typ I. Die „Maulweite“ des Brechers beträgt 50 mm, er ist daher für den BHT-Koks I (+45 mm) gerade noch geeignet. In einem Prospekt des VEB Schwermaschinenbau Ernst Thälmann, Magdeburg, wird der stündliche Durchsatz je nach der gewählten Spaltweite mit 6 bis 14 m<sup>3</sup> angegeben; es handelt sich also um ein Brechaggregat in technischem Maßstab (siehe das *Schnittbild 35*). Der untere Durchmesser beträgt 610 mm. Für den Höchstdurchsatz wird der Leistungsbedarf zu 18 bis 22 kW angegeben.

Der Brecher besitzt keine Skala für die Einstellung der Spaltweite. Um eine einwandfreie Abstufung der Spaltweite sichern zu können, wurde der Umfang des Brecherrumpfes gemessen und eingeteilt und nach Fixierung der Grundeinstellung auf dem

unbeweglichen Teil des Gehäuses der Brecher abschnittsweise verstellt. Auf diese Weise war es möglich, den Brechspalt gleichmäßig zu erweitern oder zu verengen. Außerdem wurden während der Versuche kurze Stücke dickwandiges Bleirohr in den Brechraum geworfen, um aus dem Maß der Zusammenpressung auf die jeweils engste Spaltweite zu schließen. Zusätzlich versuchte man mit einem Taster die Spaltweite zu messen. Trotz aller dieser Bemühungen können die nachstehend angegebenen Spaltweiten nicht als absolut genau betrachtet werden.

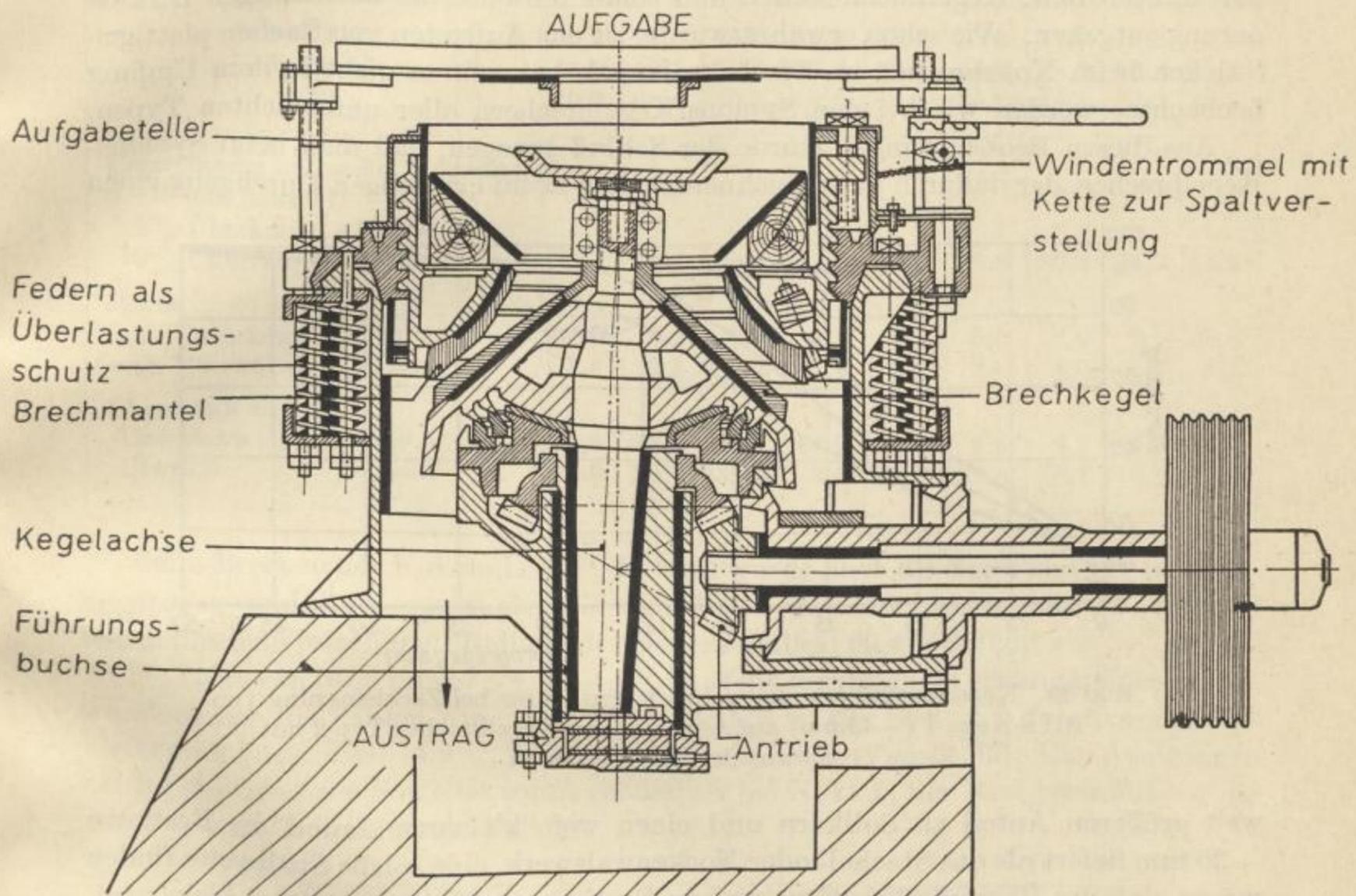


Bild 35. Schnitt durch einen Flachkegelbrecher (Bauart Symons)

Alle drei BHT-Kokssorten I, II und III wurden nur in einmaligem Durchgang zerkleinert, da die Versuche am Brecher Typ I gezeigt hatten, daß der Kreislauf die Brechergebnisse nur in mäßigem Umfange verbessert. Während nämlich die Zerkleinerung auf dem Stachelwalzwerk einen „kubisch gebrochenen“ Koks hervorbringt, hatte das Restgut +20 mm des Brechproduktes des Kegelbrechers vorwiegend eine plattige Form. Diese plattige Ausbildung der Bruchstücke ist oft auch schon beim Korn 15—20 mm zu finden. Die Bruchflächen verlaufen meist parallel zur Schlagfläche der Verkokungsbriketts, aus denen der Formkoks entstanden ist. Die Entstehung der flachen Bruchstücke, deren Dicke meist nur etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Breite beträgt, kann aus der „Blättertiegstruktur“ der Briketts erklärt werden; diese sind daher parallel zur Stempelschlagfläche leichter spaltbar als senkrecht dazu.

Im Koksformling werden daher durch den Schwundprozeß Schwächeflächen parallel zur Schlagfläche erzeugt, an denen das Koksstück infolge der geringeren Kohäsion leichter aufbricht als quer dazu. Infolge der Eigenart der Zerkleinerungsweise beim Kegelbrecher tritt offenbar eine zusätzliche Bevorzugung der Aufspaltung der Koksstücke nach diesen natürlichen Schwächeflächen ein. Wenn nun das Restgut des ersten Durchganges zum großen Teil aus solchen plattigen Stücken besteht, kann man sich leicht vorstellen, daß sich diese beim zweiten oder dritten Durchgang parallel zur Mantel- bzw. Kegelfläche stellen und somit teilweise der nochmaligen Zerkleinerung entgehen. Wie schon erwähnt wurde, ist das Auftreten von flachen plattigen Stücken beim Koksbrechen im Stachelwalzwerk bei weitem nicht in dem Umfang beobachtet worden wie bei den Symons-Kegelbrechern aller untersuchten Typen.

Aus diesen Beobachtungen wurde der Schluß gezogen, daß man beim Symons-Kegelbrecher, der dadurch ausgezeichnet ist, daß er im einmaligen Durchgang einen

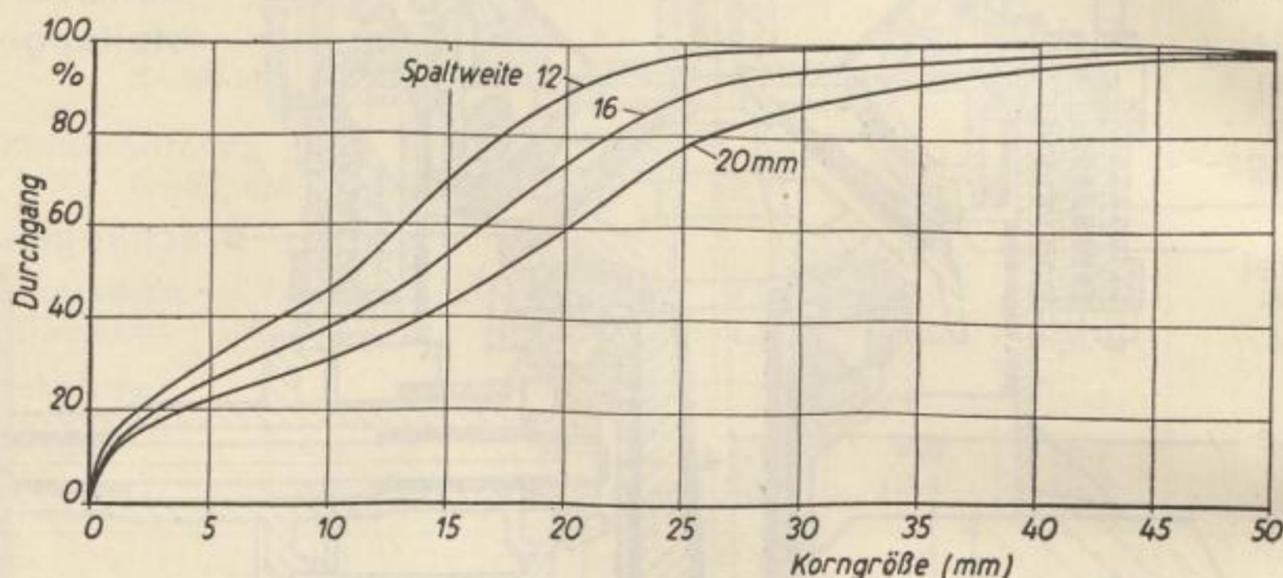


Bild 36. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei Zerkleinerung von BHT-Koks I (+45mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2 mit verschiedenen Spaltweiten

weit größeren Anteil an Sollkorn und einen weit kleineren Anteil an Restkorn +20 mm liefert als das Stachel- oder Nockenwalzwerk, eine solche Spaltweite finden müsse, daß der Überschuß an Grus und an Restkoks +20 mm möglichst klein wird, daß aber auf den Betrieb mit Restkoksrückführung zu verzichten sei.

Der BHT-Koks I (+45 mm) wurde auf dem Brecher Typ 2 bei Spaltweiten von 12, 16 und 20 mm zerkleinert. Die Körnungskurven (Bild 36) zeigen den schon bei der Behandlung der Versuche an Typ 1 beschriebenen stereotypen Verlauf. Es ist sofort ersichtlich, daß lediglich die Zerkleinerung bei der Spaltweite 12 praktisch in Betracht kommen kann. Hier sind 65% Sollkorn 3—20 mm und 10,7% Restkorn über 20 mm angefallen. Eine noch engere Spaltweite zu wählen, wäre zwecklos gewesen, da bereits für 12 mm der Unterkornanfall unter 3 mm sich auf 24,3% stellte. Auf die „technische Körnung“ umgerechnet machte das Ausbringen an der Sorte IV 76,5% aus (Tabelle 12). Der Restkoksanfall +20 mm belief sich auf 6,9%, der noch verbleibende Anfall an Grus auf 16,6%. Dieses Brechergebnis kann in Anbetracht dessen, daß es in einem einzigen Durchgang erzielt wurde, als recht befriedigend angesehen werden.

Tabelle 12. Hauptergebnisse der Brechversuche auf dem Symons-Kegelbrecher, Typ 2, mit verschiedenen Spaltweiten und Kokssorten (einmaliger Durchgang)

Kokssorte		I (+45 mm)			II (30—45 mm)			III (20—30 mm)		
Spaltweite	mm	12	16	20	10	12	16	10	12	16
Kornklasse mm		Anteile nach Siebanalyse								
0—3	%	24,3	21,2	18,0	23,1	18,4	13,6	17,7	13,3	7,0
3—20	%	65,0	52,3	41,2	69,4	66,7	50,8	68,2	63,5	46,4
+20	%	10,7	26,5	40,8	7,5	14,9	35,6	14,1	23,2	46,6
Umrechnung auf techn. Körnung 3—20 mm (einschl. 5% Überkorn +20 mm u. 10% Unterkorn — 3 mm) %		76,5	61,5	48,5	81,6	78,5	59,8	80,2	74,7	54,6
Davon										
zul. Unterkorn — 3 mm	%	7,7	6,2	4,9	8,2	7,9	6,0	8,0	7,5	5,5
zul. Überkorn +20 mm	%	3,8	3,1	2,4	4,1	3,9	3,0	4,0	3,7	2,7
Überschuß an										
Unterkorn — 3 mm	%	16,6	15,0	13,1	14,9	10,5	7,6	9,7	5,8	1,5
Überkorn +20 mm	%	6,9	23,4	38,4	3,4	11,0	32,6	10,1	19,5	43,9

Beim Brechen des Kokes II (30—45 mm) wurde noch die Spaltweite 10 mm herangezogen, und diese erweist sich als vorteilhaft. Aus der Körnungskurve (*Bild 37*) entnimmt man folgende Aufteilung des Sortenanfalles: 69,4% Sollgut von 3—20 mm; 23,1% Grus von 0—3 mm; 7,5% Restgut. Auf die technische Körnung umgerechnet, wandeln sich die Zahlen wie folgt: 81,6% Anfall an der Sorte IV (3—20 mm); verbleibender Grusanfall 14,9%; Restgut +20 mm 3,4% (*Tabelle 12*). Das Ausbringen an der gewünschten Sorte ist somit größer als bei Koks I; der Restgutanfall wie die verbleibende Grusmenge sind kleiner.

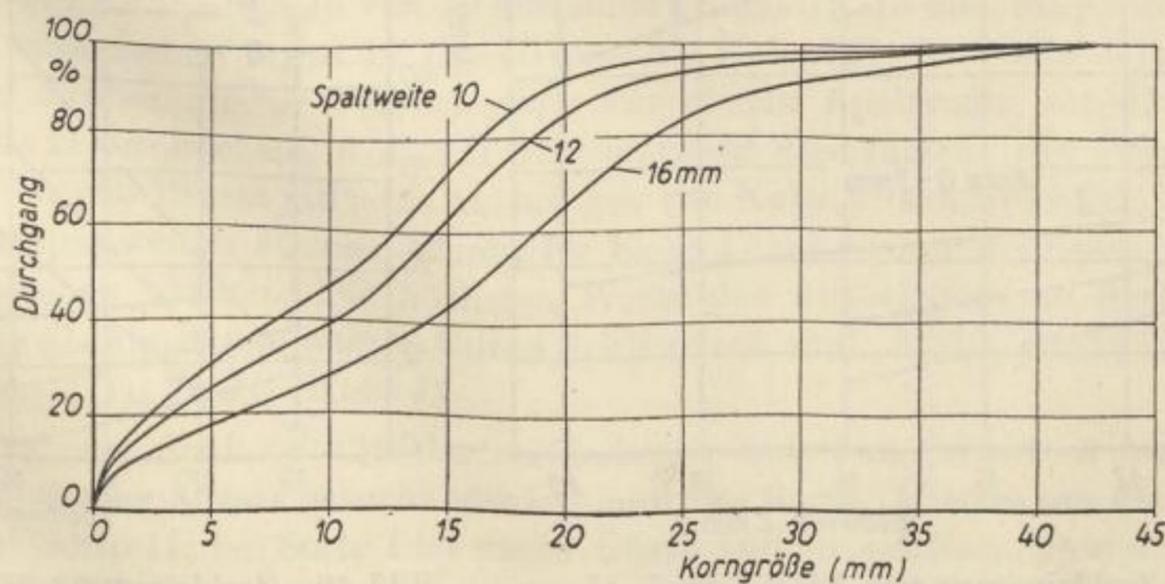


Bild 37. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei Zerkleinerung von BHT-Koks II (30—45 mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2 mit verschiedenen Spaltweiten

16

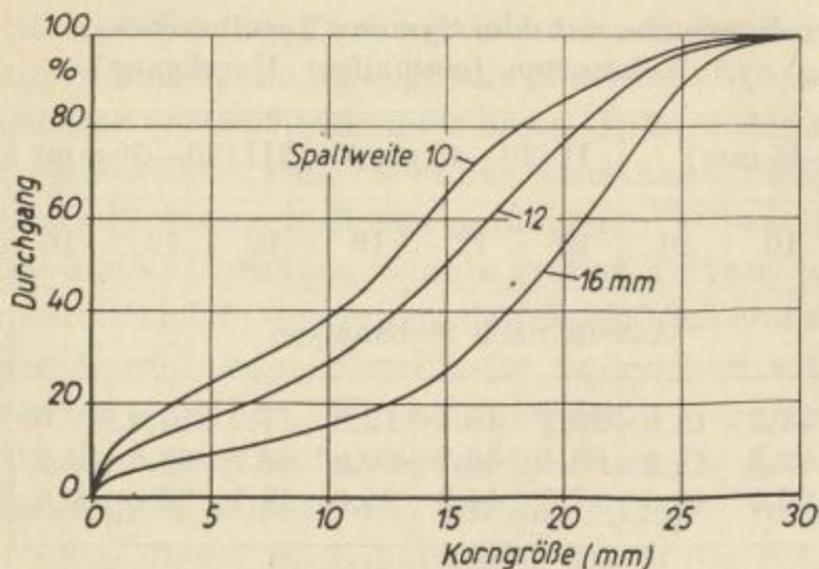


Bild 38. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei Zerkleinerung von BHT-Koks III (20—30 mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2 mit verschiedenen Spaltweiten

Schließlich erwies sich auch für die Zerkleinerung von Koks III (20—30 mm) die Spaltweite von 10 mm als günstiger. Für diese ist aus der Körnungskurve die Aufteilung des gebrochenen Gutes (Bild 38) auf 68,2% von 3—20 mm; 17,7% von 0 bis 3 mm und 14,1% von +20 mm zu entnehmen. Diesen Zahlen entspricht ein Ausbringen an der technischen Körnung, d. h. der Sorte IV, von 80,2% bei einem Grusüberschuß von 9,7% und einem Restgutanfall von 10,1%. Das Ausbringen an Sorte IV ist also kleiner als bei Kokssorte II, aber der Grusanfall ist geringer.

In Bild 39 ist der Anfall an Sollkorn 3—20 mm und an Unterkorn 0—3 mm in Abhängigkeit von der Spaltweite für alle drei gebrochenen Kokssorten dargestellt. Im interessierenden Bereich ergibt für gleiche Spaltweite Koks II das höchste Ausbringen an Sollkorn; es folgt Koks I; die niedrigsten Werte liefert Koks III. Hin-

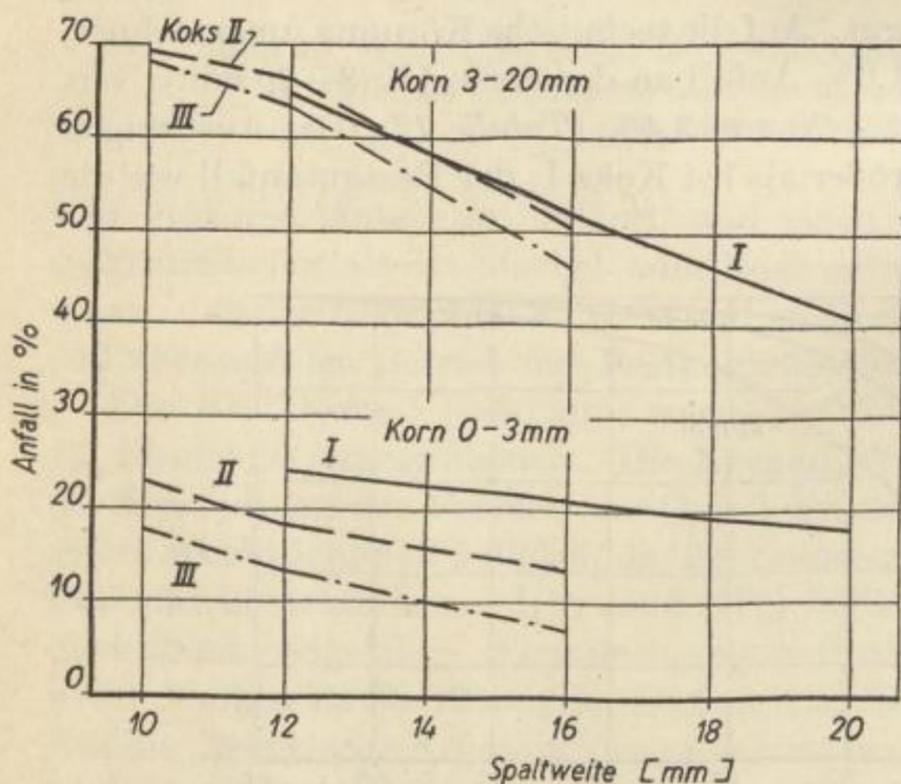


Bild 39. Zerkleinerung von BHT-Koks I, II und III auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2 in Abhängigkeit von Spaltweite und Kokssorte

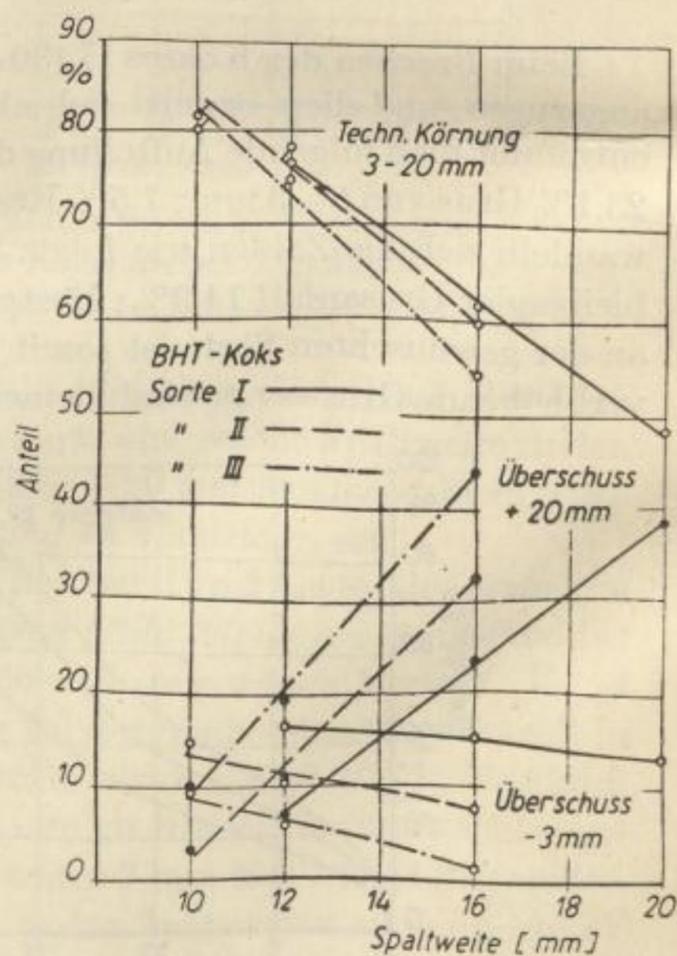


Bild 40. Zerkleinerung von Lauchhammer-BHT-Koks auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2. Ergebnisse bezogen auf technische Körnung

gegen ist — wie beim Stachelwalzwerk — die Grusbildung bei dem größtstückigen Aufgabegut, Koks I, am beträchtlichsten, es folgt Koks II und schließlich mit den Kleinstwerten Koks III. Die Grusbildung wächst also mit steigender Korngröße des aufgegebenen BHT-Kokses. *Bild 40* zeigt die Werte für die technische Körnung, wobei auch die verbleibende Restgutmenge mit eingetragen ist. Für das Ausbringen an Sorte IV und die verbleibende Grusmenge findet man die gleichen Zusammenhänge, wie sie oben erörtert wurden.

Die Resultate der Brechversuche auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2 führen zu folgenden Schlüssen:

1. Auch der Symons-Kegelbrecher gestattet es nicht, das Aufgabegut in einem Durchgang so zu brechen, daß nicht mehr als 5% Restgut +20 mm verbleibt und der Grusanteil 0—3 mm im Brechgut 10% nicht übersteigt. Man kann also die Absiebung des gebrochenen Gutes nach unten (bei 3 mm) und nach oben (bei 20 mm) nicht entbehren.
2. Jedoch kann man beim Symons-Brecher im Gegensatz zu den Stachelwalzwerken mit einmaligem Durchgang des Gutes auskommen, wenn man für die verbliebene ungenügend gebrochene Restgutmenge, die in das Körnungsband von 20 bis 30 mm (Sorte III) fällt, Absatz hat. Dies ist zweifellos möglich, da der Anfall an diesem Restgut bei richtiger Wahl der Spaltweite im ungünstigsten Falle 10% erreicht. Es lohnt beim Symons-Kegelbrecher nicht, den zusätzlichen Aufwand an Anlagekosten für die Rückführung des Restgutes vorzusehen. Man kann insofern an Anlagekosten sparen.
3. Mit abnehmender Spaltweite im Bereich von 20 bis 12 bzw. 16 bis 10 mm wächst bei allen drei aufgegebenen Kokssorten das Ausbringen an der gewünschten Sorte IV (3—20 mm), gleichzeitig auch, und zwar annähernd linear, der verbleibende Anteil an Grus (0—3 mm). Der Rest an ungenügend gebrochenem Gut 3—20 mm nimmt mit kleiner werdender Spaltweite ab. Innerhalb des durchmessenen Bereiches der Spaltweite tritt kein Optimum, sondern nur ein monotonen Steigen oder Fallen der Werte auf.
4. Für gleiche Spaltweite von 10 mm liefert Koks II ein höheres Ausbringen an der technischen Sorte IV (3—20 mm) als Koks III; für Koks I liegt leider kein diesbezüglicher Versuch vor. Für gleiche Spaltweite von 12 mm gibt Koks II das höchste, Koks III das niedrigste Ausbringen. Für gleiche Spaltweiten von 16 mm fällt das Ausbringen von Koks I nach Koks III. Als geeignete Spaltweiten können 12 mm für Koks I und 10 mm für Koks II und III angesehen werden. Die höchsten Werte des Ausbringens an Sorte IV für diese als günstigste ausgewählten Spaltweiten sind: 81,6% (Koks II); 80,2% (Koks III); 76,5% (Koks I).
5. Für gleiche Spaltweite ist der verbleibende Anteil an Grus 0—3 mm, für den zusätzlicher Absatz gesucht werden muß, bei Sorte III stets am kleinsten; es folgt Sorte II; bei Sorte I ist dieser Überschuß am größten. Den unter 4. genannten Höchstwerten des Ausbringens an Sorte IV entsprechen folgende Werte des Überschusses an Grus: 9,7% (Koks III); 14,9% (Koks II); 16,6% (Koks I).

6. Für die gewählten zweckmäßigsten Bedingungen ist der Anteil an ungenügend gebrochenem Restgut bei der Kokssorte II am kleinsten, bei Sorte III am höchsten.
7. Geht man davon aus, daß am wichtigsten das Ausmaß der Grusbildung ist, so verhält sich die Kokssorte III am günstigsten, es folgt Sorte II und schließlich Sorte I. Nach dem Ausbringen an der gewünschten Sorte IV und der Höhe des Restgutanteiles verhält sich hingegen Sorte II am günstigsten.

Die vorstehende Zusammenfassung der Ergebnisse der Brechversuche mit BHT-Koks am Symons-Kegelbrecher Typ 2 ist analog der Zusammenfassung der Ergebnisse am Stachelwalzwerk aufgestellt, wobei absichtlich sogar weitgehend der gleiche Wortlaut gewählt wurde. Der Vergleich beider Zusammenfassungen zeigt die Übereinstimmung in der Gesetzmäßigkeit, daß der Anfall an Grus von 0—3 mm nahezu linear mit abnehmender Spaltweite wächst und daß er von Koks III über Koks II nach Koks I zunimmt, also um so größer wird, je großstückiger das Aufgabegut ist.

Hinsichtlich der Höhe des Ausbringens an der gewünschten Sorte IV bestehen hingegen Unterschiede. Das Ausbringen ist im Falle des Walzwerkes bei Koks III, im Falle des Symons-Brechers bei Koks II am größten. Diese Abweichungen, die nur wenige Prozente ausmachen, brauchen nicht unbedingt durch die Unterschiedlichkeit der Zerkleinerungsart bedingt zu sein, sondern können auch von schwankender Rissigkeit der Kokse herrühren. Daher hüten wir uns, zerkleinerungstechnische Schlußfolgerungen aus dem Befund zu ziehen.

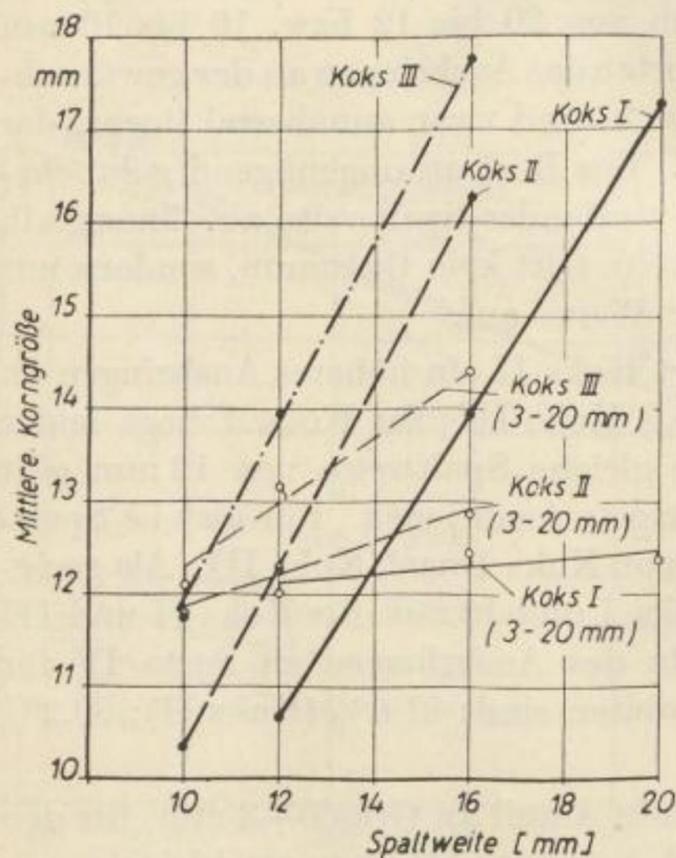


Bild 41. Abhängigkeit der mittleren Korngröße des gebrochenen Gutes und des Sollkornes von Spaltweite und Kokssorte beim Brechen von BHT-Koks auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 2

Auch beim Symonsbrecher ist es nicht möglich, die eng begrenzte Kornklasse 5 bis 15 mm in genügend hohem Ausbringen herzustellen. Einmaligen Durchgang vorausgesetzt, liefert Koks I maximal nur 39% (bei Spaltweite 12 mm), Koks II nur 43%, Koks III nur 41,5% (beides bei Spaltweite 10 mm) an diesem Sollgut. Auch hier ist, wie man sieht, die Rangfolge die gleiche wie bei der Kornklasse 3 bis 20 mm.

Die mittlere Korngröße des gebrochenen Kokes nimmt nach Bild 41 mit kleiner werdender Spaltweite praktisch linear ab. Für gleiche Spaltweite ist die mittlere Korngröße bei Koks III am größten, bei Koks I am kleinsten. Berechnet man die mittlere Korngröße für das angefallene Gut von 3 bis 20 mm, so erhält man wesentlich flacher verlaufende Kurven. Auch sie ordnen sich nach der Reihenfolge: Koks III (größte Werte — Koks II — Koks I (kleinste Werte). Man kann also folgenden Befund formulieren: Je großstückiger das

Aufgabegut ist, um so feiner wird das gebrochene Gut und um so feiner auch der Kornaufbau der begehrten Kornklasse.

Für Koks III besteht die Möglichkeit des Vergleiches der Brechergebnisse des kleinen Brechers Typ 1 mit denen des größeren Brechers Typ 2 für jeweils einmaligen Durchgang des Gutes. Mit dem Brecher Typ 1, Spaltweite 13/32, wurde das höchste Ausbringen von der technischen Körnung 3—20 mm mit 81,6% erzielt, wobei 7,3% Unterkorn und 11,0% Überkorn überschüssig verblieben. Bei dem Brecher Typ 2, Spaltweite 10 mm, wurde ein auf die technische Körnung bezogenes Ausbringen von 80,2% erreicht, wobei 9,7% an Unter- und 10,1% an Überkorn überschüssig waren. Etwa gleiche Brechergebnisse werden also bei verschiedenen großen Brechern nicht bei gleicher Spaltweite erzielt; vielmehr ist beim kleineren Brecher eine größere Spaltweite äquivalent einer kleineren Spaltweite beim größeren Brecher.

#### Versuche am Symons-Kegelbrecher Typ 4

An den Symons-Kegelbrechern, Typen 1 und 2, die in der Versuchshalle des Forschungsinstitutes für Aufbereitung (Prof. Dr.-Ing. habil. KIRCHBERG) aufgestellt sind, konnte nur mit kleinen Koksmengen je Versuch, nämlich 50 bzw. 100 kg, gearbeitet werden. Im Stickstoffwerk Piesteritz steht für die Zerkleinerung von Steinkohlenkoks ein Symons-Kegelbrecher Typ 4. Es wurde die Möglichkeit genutzt, an diesem Aggregat größere BHT-Koks-Mengen zu brechen.

Der 1956 beschaffte Kegelbrecher Nr. 4, in der Ausführung mit großem Maul (172 mm breite Einlauföffnung), hat folgende technische Daten:

Spaltweite:	15 bis 60 mm
Drehzahl der Kurbelwelle:	250—300 U/min
Stündlicher Durchsatz:	55 m <sup>3</sup> /h bei 15 mm Spaltweite
Leistungsbedarf an der Welle:	55 bis 75 kW
Erforderliche Leistung des Antriebmotors:	75 bis 80 kW
Masse des Brechers:	18,5 t

Im VEB Stickstoffwerk Piesteritz wird der Brecher mit 15 bis 20 t Steinkohlenkoks stündlich beaufschlagt.

Die Brechversuche mit BHT-Koks fußten zunächst auf der vorgefundenen Spaltweite von 20 mm, die für Steinkohlenkoks benutzt wurde; die Spaltweite wurde dann stufenweise verengt, weil bei der Ausgangsspaltweite der Anfall an Sollkorn von 3—20 mm Korngröße noch unter 50% lag. Auch hier wurden Unterabschnitte des äußeren Umfanges des Brechermantels als Maß für die Brechereinstellung zugrunde gelegt. Die Spaltweite wurde durch Einwerfen von Bleibarren bestimmt. Sie wurde in 4 Stufen in den Grenzen von 20 bis 14 mm variiert. Für jede zu brechende Koksart war eine volle Waggonladung verfügbar. Der Koks wurde mit einem Greifer entnommen und in einen Bunker verstürzt, aus dem er für den jeweiligen Versuch mittels Transportbandes dem Brecher zugeführt wurde. Eine Vorabsiebung schon vorhandenen feinen Kornes fand nicht statt. Vom Brechgut wurde — nach Einlaufen

des Brechers — in gleichmäßigen Zeitabständen an der Abwurfstelle eines in den Transportweg eingeschalteten Förderbandes Teilproben aus dem vollen Strom entnommen. Sie wurden zu einer Gesamtprobe von etwa 130 kg vereinigt. Das Brechgut ging somit stets nur einmal durch den Brechspalt.

Auch die Körnungskarakteristiken des Großbrechers zeigen den gewohnten schon mehrfach beschriebenen Verlauf (siehe *Bild 42 bis 44*). Zwar wird mit abneh-

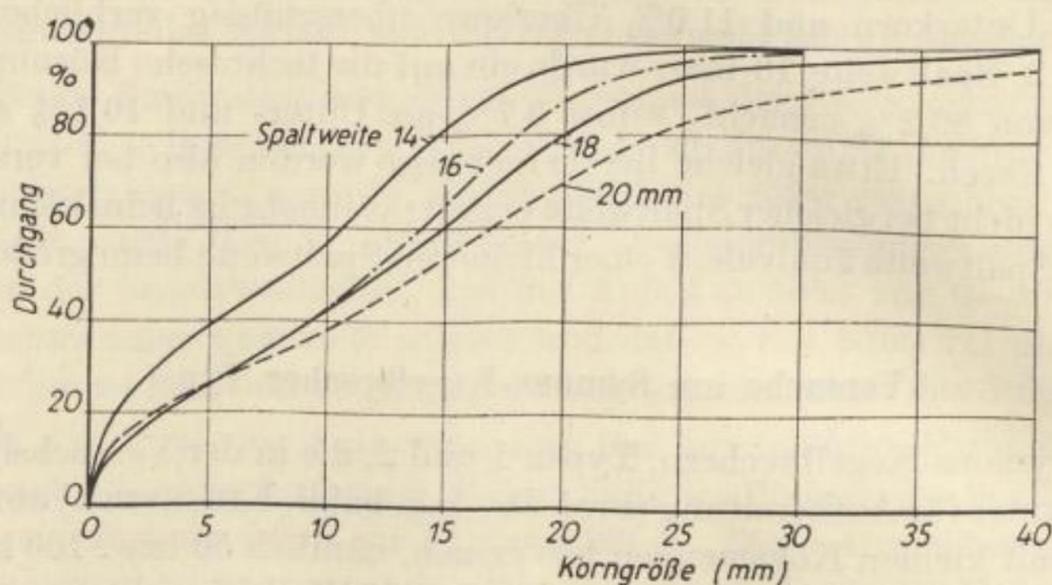


Bild 42. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks I (+45 mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 4 mit verschiedenen Spaltweiten

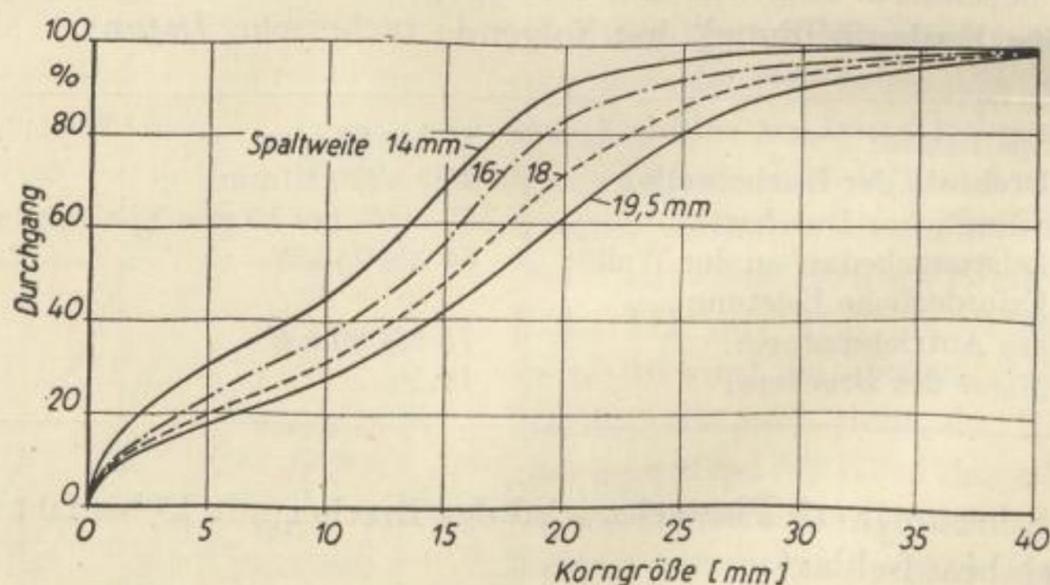


Bild 43. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks II (30–45 mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 4 mit verschiedenen Spaltweiten

mender Spaltweite das gebrochene Gut natürlich feiner, aber die Körnungskurven ändern nur ihre Lage, nicht ihre Form. Im Falle des Kokses I sind im Korngrößengebiet unter 10 mm einige wohl durch Streuung der Koksbeschaffenheit bedingte Überschneidungen zu beobachten; im Falle der Kokse II und III herrscht jedoch eine sehr klare Ordnung der Körnungskurven nach der Spaltweite. Betrachten wir *Bild 42*, so verschiebt sich für Koks I der Zentralwert von 14 mm bei 20 mm Spaltweite auf 8,4 mm bei 14 mm Spaltweite; nach *Bild 43* verlagert er sich für Koks II

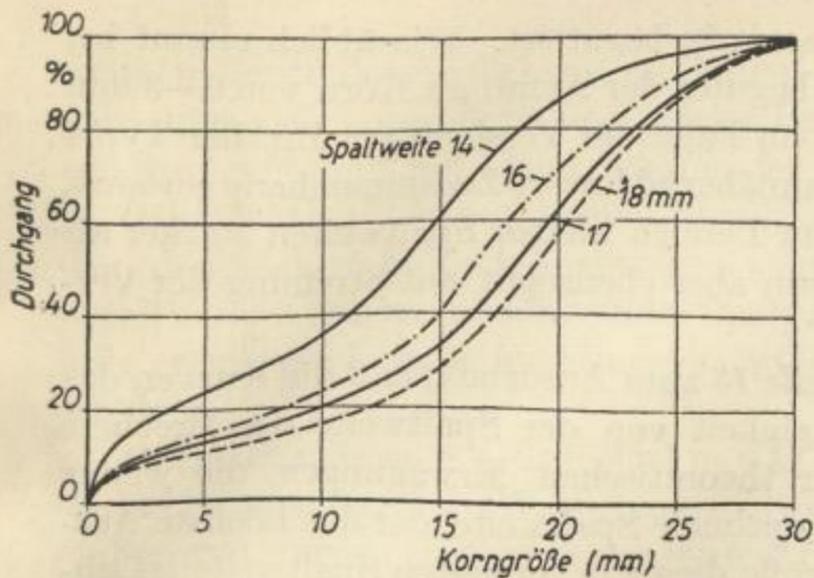


Bild 44. Körnungskurven des gebrochenen Gutes bei der Zerkleinerung von BHT-Koks III (20—30 mm) auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 4 mit verschiedenen Spaltweiten

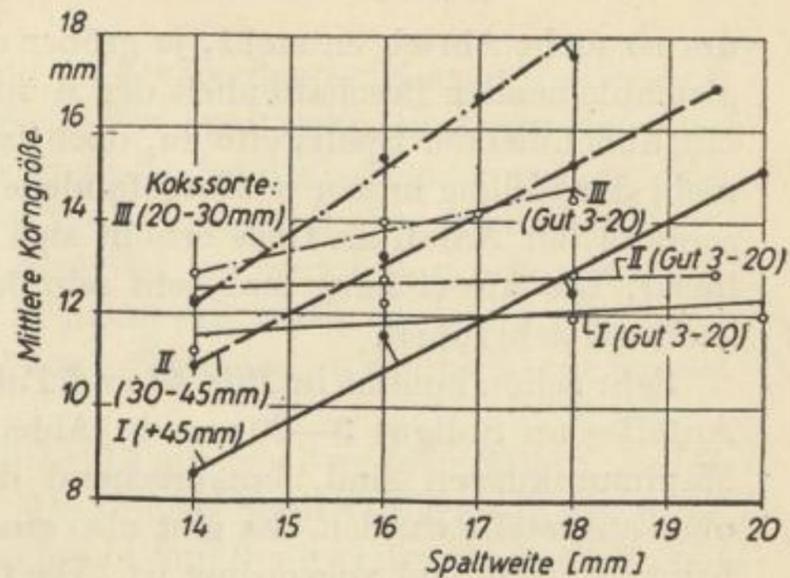


Bild 45. Abhängigkeit der mittleren Korngröße des gebrochenen Gutes und des Sollgutes von Spaltweite und Kokssorte beim Brechen von BHT-Koks auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 4

von 17,2 bei 19,5 mm Spaltweite auf 11,3 mm bei 14 mm Spaltweite. Schließlich sind für Koks III (Bild 44) die entsprechenden Werte 19,0 mm (bei 18 mm Spaltweite) und 13,0 mm (bei 14 mm Spaltweite). Je feiner das Aufgabegut ist, um so mehr verlagert sich also der Zentralwert nach größeren Korngrößen.

Damit steht wiederum im Einklang, daß die mittlere Korngröße des gebrochenen Gutes — gleiche Spaltweite vorausgesetzt — von Koks I nach Koks III wächst (Bild 45). Wie bei dem Brecher Typ 2 nimmt auch beim Brecher Typ 4 — nach Ausgleich der Streuungen — die mittlere Korngröße des Brechproduktes praktisch linear mit der Spaltweite zu. Auch die mittlere Korngröße des Gutes 3—20 mm zeigt eine leichte Tendenz der Zunahme mit der Spaltweite; auch hier finden wir die Abstufung von Koks I (kleinste Werte) über Koks II nach Koks III (größte Werte). Die in Bild 45 dargestellten Charakteristiken des Kegelbrechers Typ 4 stimmen somit mit denen des Kegelbrechers Typ 2 (Bild 41) weitgehend überein.

Diese Übereinstimmung ist auch festzustellen, wenn man den in Bild 46 aufgetragenen Anteil an Grus von 0—3 mm betrachtet, der beim Brechen unerwünscht entsteht. Für gleiche Spaltweite ist er bei Koks I am größten, bei Koks III am kleinsten, folgt mithin der schon mehrfach hervorgehobenen Gesetzmäßigkeit, daß beim Brechen

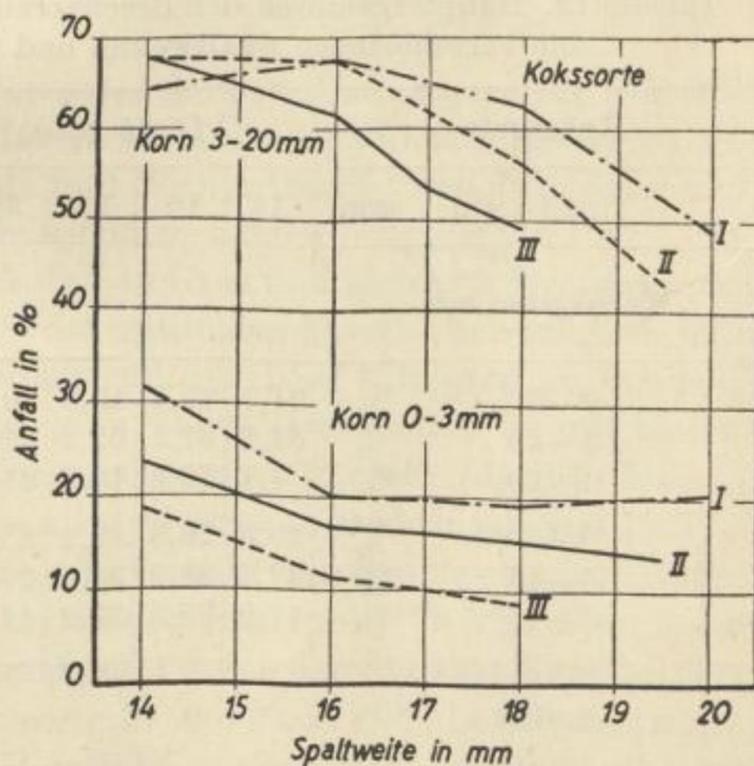


Bild 46. Anfall an Sollkorn 3—20 mm und Grus 0—3 mm in Abhängigkeit von Spaltweite und Kokssorte beim Brechen von BHT-Koks auf dem Symons-Kegelbrecher Typ 4

um so mehr Abrieb entsteht, je gröber das Aufgabegut ist. Wie üblich nimmt bei gleichbleibender Beschaffenheit des Aufgabegutes der Anfall an Korn von 0—3 mm mit abnehmender Spaltweite zu, doch ist im Falle der Versuche am Brecher Typ 4 nicht der bislang immer wiedergefundene annähernd lineare Zusammenhang gewahrt, sondern der Anfall an Grus erhöht sich im Bereich kleiner Spaltweiten stärker als linear. Die Abweichung mag echt sein, kann aber ebensogut auf Streuung der Versuchswerte beruhen.

Sehr schön kommt in *Bild 46 und Tabelle 13* zum Ausdruck, daß die Kurven des Anfalles an Sollgut 3—20 mm in Abhängigkeit von der Spaltweite des Brechers Maximumkurven sind, entsprechend der theoretischen Erwägungen, die weiter oben angestellt wurden. Es gibt also eine optimale Spaltweite, der das höchste Ausbringen an Sollgut zugeordnet ist. Die Größe dieser bevorzugten Spaltweite ist abhängig vom Korngrößenband des Aufgabegutes. Sie liegt für Koks I eindeutig bei 16 mm; bei Koks II zwischen 16 und 14 mm; sie ist für Koks III bei 14 mm noch nicht erreicht. Mit abnehmender Korngröße des Aufgabegutes verschiebt sich demnach die optimale Spaltweite, der das höchste Ausbringen zugeordnet ist, nach links, d. h. nach kleineren Werten hin.

Infolge der Verlagerung des Maximums ist bei Spaltweiten, die oberhalb der für Koks I optimalen liegen, das Ausbringen an Sollgut bei Koks I am größten und bei Koks III am kleinsten. Unterhalb des Spaltweitenoptimums für Koks I fällt das beim Brechen des letzteren erzielte Sollgut-Ausbringen unter das bei Koks II erreichte ab. Bei weiterer Verminderung der Spaltweite überschneidet die Kurve des Ausbringens an Sollkorn aus Koks III die von Koks I; sie schickt sich bei 14 mm Spaltweite an, auch die des Kokses II zu überschneiden. Es gibt somit Bereiche der Spalt-

Tabelle 13. Hauptergebnisse der Brechversuche auf dem Symons-Kegelbrecher, Typ 4, mit verschiedenen Spaltweiten und Kokssorten (einmaliger Durchgang)

Kokssorte		I (+45 mm)				II (30—45 mm)				III (20—30 mm)				
Spaltweite	mm	14	16	18	20	14	16	18	19,5	14	16	17	18	
Kornklasse mm		Anteile nach Siebanalyse												
0—3	%	31,7	20,3	19,3	20,4	23,7	16,8	15,2	13,5	18,6	11,4	9,9	8,6	
3—20	%	64,2	67,3	62,2	48,6	67,5	66,8	55,8	48,4	67,6	61,4	53,2	48,7	
+20	%	4,1	12,4	18,5	31,0	8,8	16,4	29,0	38,1	13,8	27,2	36,9	42,7	
0—5	%	39,3	26,3	26,2	25,8	30,7	22,3	19,8	17,2	23,7	14,3	12,5	10,8	
5—15	%	42,8	38,2	34,6	27,1	37,3	33,8	27,9	24,5	37,0	26,6	21,2	17,6	
+15	%	17,9	35,5	39,2	47,1	32,0	43,9	52,3	58,3	39,3	59,1	66,3	71,6	
		Mittlere Korngrößen												
Gesamtes gebrochenes Gut		mm	8,5	11,6	12,5	15,1	10,9	13,2	15,3	16,9	12,2	15,4	16,7	17,6
Sollgut 3—20 mm		mm	11,2	12,3	11,9	12,0	12,3	12,8	12,9	12,9	12,9	14,0	14,2	14,5

weite, in denen das Ausbringen an Sollgut mit größer werdender Korngröße des Aufgabegutes sich vergrößert, und solche Bereiche der Spaltweite, in denen das Ausbringen an Sollgut mit kleiner werdender Korngröße des Aufgabegutes größer wird.

Offensichtlich hätte es keinen Zweck, die Spaltweite unter den optimalen Wert, dem das höchste Sollgut-Ausbringen zugeordnet ist, zu vermindern, da der Grusanfall unter 3 mm mit abnehmender Spaltweite unentwegt steigt und daher die Nachteile geringeren Sollgut-Ausbringens und größeren Grusanfalles kombiniert auftreten würden.

Demnach müssen wir für Koks I und II die bei 16 mm Spaltweite und für Koks III die bei 14 mm erreichten Werte heranziehen. (Da kleinere Spaltweiten als 14 mm nicht einbezogen worden sind, muß ersatzweise das bei 14 mm Spaltweite erhaltene Brechergebnis von Koks III als optimal betrachtet werden.) Diese einem einmaligen Durchgang zugeordneten Bestwerte sind in *Tabelle 14* zusammengestellt.

Tabelle 14. Beste Werte für das Brechen von BHT-Koks auf dem Symons-Brecher Typ 4

Kokssorte	Optimale Spaltweite mm	Sollkorn-Ausbringen 3—20 mm %	Grusanfall 0—3 mm %	Restgut +20 mm %
I	16	67,3	20,3	12,4
II	16 oder 14	66,8 } 67,5 } 67,2	16,8 } 23,7 } 20,2	16,4 } 8,8 } 12,6
III	14 (eigentlich <14)	67,6	18,6	13,8

Wie man sieht, stimmen die besten Werte des Sollgut-Ausbringens für alle drei Kokssorten praktisch überein, wenn man für Koks II die Mittelwerte für die Spaltweiten 16 und 14 mm nimmt. Grusanfall und Restgutmenge weichen dann nur wenige Prozente voneinander ab, wobei die schon mehrfach festgestellte Regel gilt, daß großstückigerem Aufgabegut höherer Anfall an Grus und kleinerer Restgutanteil zugeordnet sind. Demnach ist es durch Wahl der optimalen Spaltweiten möglich, jede der drei Kokssorten I, II und III mit annähernd gleichem Gütegrad zu brechen.

Dies wird natürlich auch bestätigt, wenn man das Ausbringen an der mit Unter- und Überkorn behafteten technischen Körnung errechnet (*Tabelle 15*). Für Koks I ermittelt sich, gültig für 16 mm Spaltweite, ein technisches Ausbringen von 79,2%; für Koks II wurden die Werte 79,4 bei 14 und 78,6 bei 16 mm Spaltweite, im Durchschnitt 79,0% erhalten; Koks III ergibt bei 14 mm Spaltweite 79,5%. Man kann somit das mit einmaligem Durchgang des Brechgutes durch den Symons-Kegelbrecher Typ 4 erhältliche Ausbringen an der Kokssorte IV mit rund 80% beziffern, gleichgültig, ob man die Kokssorten I, II oder III aufgibt, wofern man nur die Spaltweite entsprechend anpaßt. Der Überschuß an Unterkorn (—3 mm) stellt sich auf 12,4% (Koks I), 12,3 (als Mittel von 15,8 und 8,9) % (Koks II) und 10,6% (Koks III). Der verbleibende Überschuß an Überkorn (+20 mm) beträgt 8,4; 8,6 (als Mittel von 4,8 und 12,5) 9,8% für Koks I, II, III.

Tabelle 15. Hauptergebnisse der Brechversuche auf dem Symons-Kegelbrecher, Typ 4, mit verschiedenen Spaltweiten und Kokssorten (einmaliger Durchgang; auf technische Körnung bezogene Werte)

Kokssorte		I (+45 mm)				II (30—45 mm)				III (20—30 mm)			
Spaltweite	mm	14	16	18	20	14	16	18	19,5	14	16	17	18
Kornklasse mm		Anteile nach Siebanalyse											
0—3	%	31,7	20,3	19,3	20,4	23,7	16,8	15,2	13,5	18,6	11,4	9,9	8,6
3—20	%	64,2	67,3	62,2	48,6	67,5	66,8	55,8	48,4	67,6	61,4	53,2	48,7
+20	%	4,1	12,4	18,5	31,0	8,8	16,4	29,0	38,1	13,8	27,2	36,9	42,7
Umrechnung auf techn. Körnung 3—20 mm (einschl. 5% Überkorn +20 mm u. 10% Unterkorn — 3 mm) %		75,5	79,2	73,2	57,2	79,4	78,6	65,6	56,9	79,5	72,2	62,6	57,3
Davon zul. Unterkorn — 3 mm %		7,6	7,9	7,3	5,7	7,9	7,9	6,6	5,7	8,0	7,2	6,3	5,7
zul. Überkorn +20 mm %		3,8	4,0	3,7	2,9	4,0	3,9	3,3	2,8	4,0	3,6	3,1	2,9
Überschuß an Unterkorn — 3 mm %		24,1	12,4	12,0	14,7	15,8	8,9	8,6	7,8	10,6	4,2	3,6	2,9
an Überkorn +20 mm %		0,3	8,4	14,8	28,1	4,8	12,5	25,7	35,3	9,8	23,6	33,8	39,8

Daß man die hier entwickelten Gesetzmäßigkeiten am Kegel-Brecher Typ 2 nicht ableiten konnte, beruht einesteils darauf, daß hier die Spaltweite nicht weit genug vermindert wurde, so daß alle Werte auf dem rechten fallenden Ast der Ausbringenskurven liegen, zum anderen darauf, daß im kleineren Brecher offenbar die Auswirkung der Korngröße des Aufgabegutes auf den Grusanfall stärker ist als im größeren Brecher. Immerhin deutet sich in *Bild 39* die typische Erscheinung an, daß im Bereich der rechten Äste der Ausbringenskurven der stückigste Koks (I) die Spitze hält, während nach links hin die Tendenz der Überschneidung der Kurven sichtbar wird.

Auch die Versuche an dem Kegelbrecher Typ 4 — also einem Aggregat von betriebsmäßiger Größe — beweisen nach *Tabelle 13*, daß es nicht möglich ist, ein hinreichend großes Ausbringen an Sollgut zu erzielen, wenn das Korngrößenband der gewünschten Sorte von 3—20 auf 5—15 mm eingeengt wird. Bei allen drei Koks liegt hier das größte Ausbringen bei der Spaltweite 14 mm, und zwar bei Koks I mit 42,8%, bei Koks II mit 37,3% und bei Koks III mit 37%. Hier schneidet also Koks I am besten ab. Das maximale Ausbringen wird bei noch kleinerer Spaltweite als 14 mm auftreten. Doch ist der Anfall an Grus von 0—5 mm Korngröße schon bei dieser Spaltweite so beträchtlich — er stellt sich auf 39,3; 30,7 und 23,7%, bezogen auf Koks I, II, III, also nach dem schon bekannten Gesetz mit wachsender Korngröße des Aufgabegutes zunehmend —, daß ein Brechen bei noch kleinerer Spaltweite uninteressant sein würde. Der Restgutanfall ist mit 17,9; 32,0 und 39,3% — steigend von Koks I nach Koks III — so erheblich, daß man im Kreislaufverfahren arbeiten müßte, wollte man wirklich auf eine Körnung 5 bis 15 mm zukommen.

### Erkenntnisse und Schlußfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Brechversuche mit den BHT-Kokssorten I, II und III auf Backenbrecher, Stachelwalzwerken und Symons-Kegelbrechern haben sich folgende, für Theorie und Praxis der Zerkleinerungstechnik wichtigen Erkenntnisse ergeben:

1. Alle einbezogenen Arten von Brechern lieferten Körnungskurven von gleichem Typ, gekennzeichnet durch zwei Wendepunkte, und dementsprechend Kornverteilungskurven vom gleichen Typ, gekennzeichnet durch ein Randmaximum (bei der kleinsten Korngröße), ein Minimum und ein Maximum. Die Kornverteilungskurven können als Überlagerung einer exponential steil abfallenden Abriebsverteilung (im Gebiete der kleineren Korngrößen) und einer einer Glockenkurve ähnlichen Bruchverteilung (im Gebiete der größeren Korngrößen) aufgefaßt werden.
2. Dieser Typ der Kornverteilungskurve ist ungünstig für den angestrebten Zweck des Brechvorganges, nämlich möglichst viel Sollkorn von 3—20 mm und möglichst wenig Grus von 0—3 mm zu liefern. In *Bild 47* ist der tatsächlichen Kornverteilungskurve die ideale Kurve gegenübergestellt. Aus der ersteren ist zu ersehen, daß beim Brechen unbedingt ein nicht unerheblicher Anfall an Gruskorn von 0—3 mm entstehen muß. Die ideale Verteilungskurve läuft im Gebiet von 0—3 mm ganz flach an. Eine solche ideale Verteilung, der

ein Minimum an Korn von 0—3 mm beim Brechvorgang zugeordnet wäre, setzt vermutlich eine ausschließlich schneidende Beanspruchung voraus, wie sie bei keinem der untersuchten Brecher verwirklicht ist.

3. Der Typ der Körnungs- und Kornverteilungskurve ist unabhängig von der Korngröße bzw. dem Korngrößenband des Aufgabegutes. Er ist also der gleiche, ob nun Koks I, II oder III zerkleinert wird.
4. Der geschilderte Typ der Kornverteilungskurve bleibt bei Variation der Spaltweite, also der Brechfeinheit, erhalten (Andeutung einer Ausnahme beim Nockenwalzwerk); er bleibt auch unverändert, ob das Gut in einem Durchgang oder im Kreislauf, also in mehreren Durchgängen, gebrochen wird.

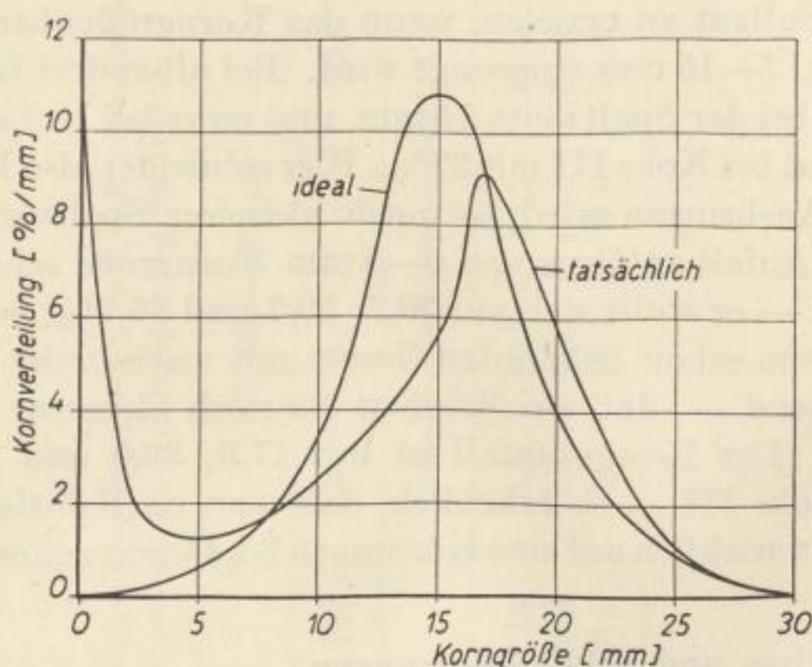


Bild 47. Vergleich von tatsächlicher und idealer Kornverteilungskurve des Brechproduktes

5. In dem im Rahmen der Versuche geprüften Bereich wächst mit kleiner werdender Spaltweite der Grusanfall von 0—3 mm nahezu linear. Dies gilt für die Stachel- und Nockenwalzwerke sowie für die Kegelbrecher, und es gilt für alle drei Kokssorten.
6. Die Kurve des Anfalles an Sollkorn 3—20 mm erhöht sich in der Mehrzahl der Fälle ebenfalls nahezu linear mit abnehmender Spaltweite, während der Restgutanfall fast linear fällt. Die Versuche am Kegelbrecher Typ 4 zeigen aber, daß die Kurve des Sollkorn-Anfalles in Abhängigkeit von der Spaltweite tatsächlich eine Maximumkurve ist, d. h., daß es eine ausgezeichnete Spaltweite gibt, bei der — im Einklang mit den theoretischen Erwartungen — der Anfall an Sollkorn einen Höchstwert annimmt. Es lohnt sich nicht, die Spaltweite unter diesen ausgezeichneten Wert zu vermindern. Es ist im Gegenteil zu erwägen, ob man mit Rücksicht auf den ständig wachsenden Grusanfall so weit heruntergehen soll.
7. Bei gleicher Spaltweite erhöht sich mit wachsender Korngröße des Aufgabegutes der unerwünschte Anfall an Grus von 0—3 mm. Er ist daher bei Koks I (+45 mm) am größten; bei Koks III (20—30 mm), dessen Korngrößenband sich unmittelbar an das der gewünschten Sorte IV (3—20 mm) anschließt,

ist er am kleinsten; Koks II (30—45 mm) steht dazwischen. Es entsteht demnach um so mehr Grus beim Brechen, je weiter das Korngrößenband des Brechgutes von dem der gewünschten Sorte abliegt.

8. Mit abnehmender Spaltweite erhöht sich natürlich die Feinheit des Brechproduktes. Dies kommt darin zum Ausdruck, daß die mittlere Korngröße des gebrochenen Gutes nahezu linear mit kleiner werdender Spaltweite abfällt.
9. Je größer die Korngröße des Aufgabegutes ist oder, anders ausgedrückt, je größeren Abstand das Korngrößenband des Aufgabegutes vom Korngrößenband der gewünschten, durch das Brechen herzustellenden Sorte hat, um so feiner ist das gebrochene Gut (unter sonst gleichen Umständen, insbesondere bei gleicher Spaltweite). So ist die mittlere Korngröße des gebrochenen Gutes bei der kleinsten Kokssorte III (20—30 mm) am größten, bei der größten Kokssorte I am kleinsten.
10. Im Zusammenhang damit steht, daß auch die mittlere Korngröße des Sollkornes 3—20 mm im gebrochenen Gut um so kleiner ist, je großstückiger das Aufgabegut ist, also bei Koks I am kleinsten, bei Koks III am größten ist; doch sind diese Unterschiede nicht sehr groß.

Die vorstehend aufgeführten Erkenntnisse sind für alle untersuchten Arten von Brechern gültig, stellen somit ein Tableau allgemeiner Gesetzmäßigkeiten der Brechvorgänge dar, wobei wir allerdings vorsichtigerweise ihre Gültigkeit zunächst auf das Brechen von BHT-Koks beschränken müssen.

Für die praktische Auswertung der Brechversuche resultieren vorerst folgende Erkenntnisse:

11. Es gibt unter den gängigen Arten von Brechern keinen, der eine technische Körnung von 3—20 mm (d. h. eine solche mit höchstens 10% Unter- und 5% Überkorn) in einem Durchgang liefert, ohne daß überschüssiges Feinkorn von 0—3 mm und ein Restgut über 20 mm verbleibt. Die Nachschaltung eines zweisträssigen oder zweideckigen Siebes hinter dem Brecher zum Aussieben dieses Unter- und Überkornes ist daher unvermeidlich.
12. Das Ausbringen an Sollgut von 3—20 mm kann erhöht und der Restgutanteil vermindert werden, wenn man das Kreislaufverfahren anwendet, d. h. das ausgesiebte Restgut +20 mm durch eine Bandschere wieder auf den Brecher zurückführt. Dieses Kreislaufverfahren ist für die Feinzerkleinerung auf 0—6 mm z. B. aus den Naßdiensten der Brikettfabriken bekannt, ist aber bei Brechern bislang kaum üblich.
13. Koks I (+45 mm) sollte wegen der oben unter 6. angeführten erhöhten Grusbildung nur im Notfall gebrochen werden, z. B. wenn für die den Bedarf der Metallurgie überschießenden Anteile der Erzeugung keine volkswirtschaftlich wichtigere Einsatzmöglichkeit vorliegt.

Die nähere Untersuchung des Brechens im Kreislauf führte zu folgenden Feststellungen:

14. Im jeweils in Betracht kommenden Bereich der Spaltweiten brachte der erste Durchgang des Gutes durch den Brechspalt stets den Hauptteil an Sollkorn

von 3—20 mm; der Zuwachs wurde mit jedem Durchgang kleiner. Diese von selbst einleuchtende Relation gilt für alle Spaltweiten und alle dem Brechen unterworfenen Kokssorten.

15. Mit der Zahl der Durchgänge bzw. Brechstufen wächst nicht nur der Anteil des Sollkorns, sondern auch der des Gruses; der Restgutanteil fällt daher aus zwei Ursachen.
16. Trotzdem gelingt es selbst mit drei Brechstufen nur in Einzelfällen, den Restgutanteil +20 mm so weit herunterzusetzen, daß er restlos als zulässiges Überkorn in der durch das Brechen erzeugten Sorte IV untergebracht werden kann.
17. In keinem Falle wird durch das Kreislaufverfahren erreicht, daß kein Restgut verbleibt und sämtlicher gebildeter Grus als zulässiges Unterkorn in der durch das Brechen herzustellenden Sorte IV untergebracht werden kann.
18. Vielmehr steigt die Menge des überschüssig verbleibenden Gruses mit der Zahl der Brechstufen bzw. Durchgänge durch den Brechspalt.
19. Falls eine Kokssorte nicht restlos in Sorte IV umgewandelt werden soll, bestehen an sich zwei Möglichkeiten:
  - a) nur den Teil restlos zu brechen, der in Sorte IV übergehen soll, den anderen aber, wie er in der Sieberei anfällt, zu verkaufen;
  - b) den gesamten Anfall zu brechen, aber nur so weit, daß das Restgut +20 mm für den Absatz, z. B. als Korn 20—30 mm, ausreicht.

Im Hinblick auf die entstehende überschüssige Grusmenge ist b) vorzuziehen.

20. Beim Kreislaufverfahren empfiehlt es sich, eine Kreislauföffnung (durch eine weitere Siebstraße) vorzusehen, um plattige Stücke, die immer wieder unzerkleinert den Brechspalt passieren und sich daher im Kreislauf anreichern können, auszuscheiden.

Es bleibt nun die Aufgabe, vergleichend zu untersuchen, welchem Brecher die größte Wirksamkeit zukommt. Zunächst bieten sich folgende allgemeine Schlüsse dar:

21. Der Backenbrecher fällt (auch als etwaiges Vorbrechaggregat für die Kokssorte I) aus, weil der Restgutanteil sehr hoch, dabei aber die Grusbildung schon recht beträchtlich ist.
22. Bei den Walzwerken (Stachel- und Nockenwalzwerk) muß im Kreislauf zerkleinert werden, da anderenfalls der Restgutanteil nicht genügend weit gedrückt werden kann.
23. Für den Symons-Kegelbrecher lohnt sich das Kreislaufverfahren nicht. Hier ist bereits im ersten Durchgang ein hohes Sollkorn-Ausbringen zu erzielen, wobei aber gleichzeitig bereits sehr viel Grus anfällt. Die weitere Einschränkung des Restgutantes durch das Kreislaufverfahren würde den Grusanfall weiterhin stark steigern. Hinzu kommt, daß beim Brechvorgang im Kegelbrecher weit mehr plattige Stücke als im Walzwerk entstehen; diese entziehen sich beim erneuten Durchgang durch den Brechspalt weitgehend der Zerkleinerung.

Tabelle 16. Zusammenstellung der günstigsten Brechergebnisse aller einbezogenen Brecher

Kokssorte	I (+45 mm)						II (30—45 mm)						III (20—30 mm)								
	StWF	StWZ		NW	SK2	SK4	StWF	StWZ		NW	SK1	SK2	SK4	StWF	StWZ		NW	SK1	SK2	SK4	
Zerkleinerungsaggregat Spaltweite Durchgänge	mm	15 3	6 3	8 3	18 3	12 1	16 1	15 3	6 3	8 3	18 3	17 1	12 1	16 1	15 3	6 3	8 3	15 2	14 1	10 1	14 1
<b>Kornzusammensetzung nach Siebanalyse</b>																					
0—3 mm	%	21,0	22,4	19,1	23,1	24,3	20,3	15,5	18,0	14,8	17,8	15,8	18,4	16,8	14,3	12,1	11,6	13,0	15,5	17,7	18,6
3—20 mm	%	59,3	70,2	65,3	54,5	65,0	67,3	61,4	68,2	63,1	69,9	67,3	66,7	66,8	69,1	74,9	74,5	76,8	69,4	68,2	67,6
+20 mm	%	19,7	7,4	15,6	22,4	10,7	12,4	23,1	13,8	22,1	12,3	16,9	14,9	16,4	16,6	13,0	13,9	10,2	15,1	14,1	13,8
<b>Technische Körnung</b>																					
3—20 mm	%	69,8	82,6	76,8	64,1	76,5	79,2	72,2	80,2	74,2	82,2	79,2	78,5	78,6	81,3	88,1	87,6	90,3	81,6	80,2	79,5
davon																					
zuläss. Unterkorn																					
—3 mm	%	7,0	8,3	7,7	6,4	7,7	7,9	7,2	8,0	7,4	8,2	7,9	7,9	7,9	8,1	8,8	8,8	9,0	8,2	8,0	8,0
zuläss. Überkorn																					
+20 mm	%	3,5	4,1	3,8	3,2	3,8	4,0	3,6	4,0	3,7	4,1	4,0	3,9	3,9	4,1	4,4	4,4	4,5	4,1	4,0	4,0
<b>Demnach Überschuß</b>																					
an Unterkorn — 3 mm	%	14,0	14,1	11,4	16,7	16,6	12,4	8,3	10,0	7,4	9,6	7,9	10,5	8,9	6,2	3,3	2,8	4,0	7,3	9,7	10,6
an Überkorn +20 mm	%	16,2	3,3	11,8	19,2	6,9	8,4	19,5	9,8	18,4	8,2	12,9	11,0	12,5	12,5	8,6	9,6	5,7	11,0	10,1	9,8

Erläuterung: StWF Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung, Freiberg  
 StWZ Stachelwalzwerk des VEB Zomag, Zeitz  
 NW Nockenwalzwerk  
 SK 1 Symons-Kegelbrecher Typ 1)  
 SK 2 Symons-Kegelbrecher Typ 2) } Forschungsinstitut für Aufbereitung, Freiberg  
 SK 4 Symons-Kegelbrecher Typ 4 } VEB Stickstoffwerke, Piesteritz

Schonende Zerkleinerung von Braunkohlenhochtemperaturkoks

In *Tabelle 16* sind die hinsichtlich des Sollkorn-Ausbringens günstigsten Brechergebnisse aller einbezogenen Brecher zusammengestellt. In *Bild 48 bis 50* ist die Tabelle in Säulenform ausgewertet worden.

Beziehen wir alle nachstehend aufgeführten Werte auf die technische Körnung und beginnen wir mit der Kokssorte I (*Bild 48*), so wurde mit dem Stachelwalzwerk

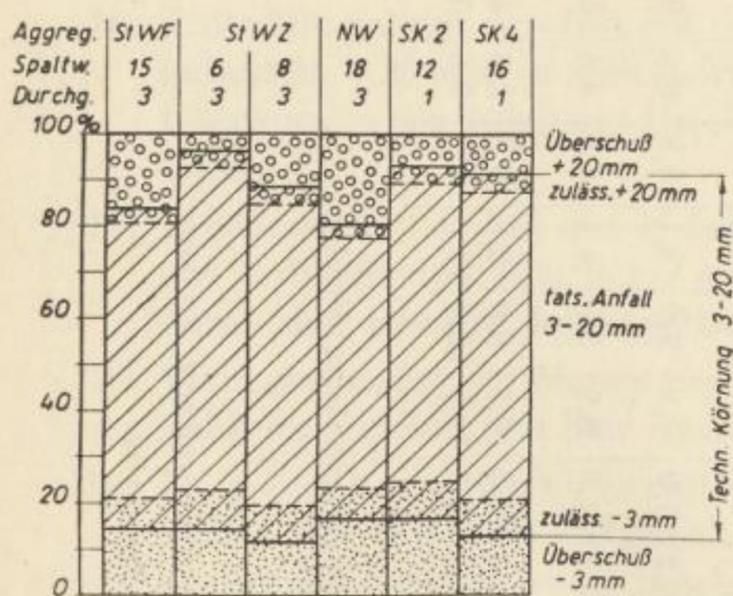


Bild 48

Günstigste Zerkleinerungsergebnisse mit BHT-Koks I (+45 mm)

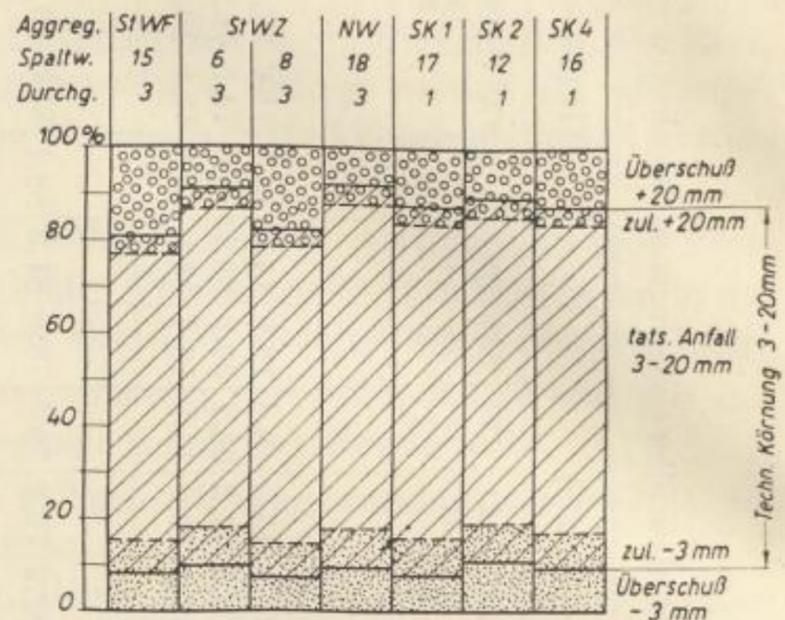


Bild 49

Günstigste Zerkleinerungsergebnisse mit BHT-Koks II (30—45 mm)

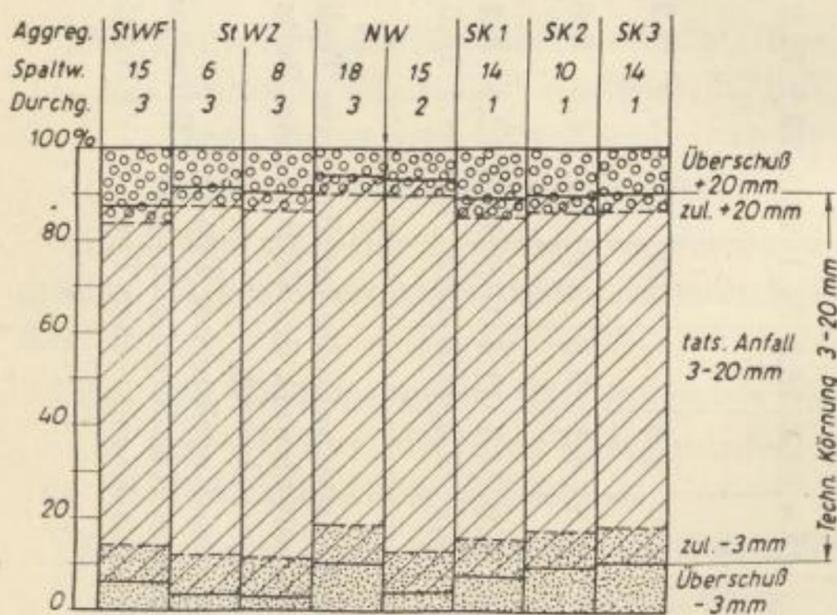


Bild 50

Günstigste Zerkleinerungsergebnisse mit BHT-Koks III (20—30 mm)

des VEB Zemag nach dreimaligem Durchgang ein maximales Ausbringen von 82,6% erzielt, wobei 14,1% Unterkorn —3 mm und 3,3% nicht genügend zerkleinertes Gut +20 mm verblieben. Mit dem Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung wurde nur ein maximales Ausbringen von 69,8% bei wiederum 14% Unter-, aber 16,2% Überkorn als Überschuß erreicht. Noch schlechter schnitt das Nockenwalzwerk mit nur 64,1% Ausbringen bei Überschüssen von 16,7% Unter- und 19,2% Überkorn ab. Die Kegel-

brecher Typ 2 und 4 brachten bei einmaligem Brechvorgang Werte des Ausbringens von 76,5 und 79,2%, wobei 16,6 und 12,4% Unter- und 6,9 sowie 8,4% Überkorn überschüssig anfielen.

Hieraus folgt, daß bei den Walzwerken offensichtlich die Ausbildung der Brechzähne von maßgebendem Einfluß ist. Das Nockenwalzwerk ist für den Koks I nicht

geeignet. Das Stachelwalzwerk lieferte bei dreimaligem Durchgang das höchste Ausbringen. Der Symons-Kegelbrecher blieb aber bei einmaligem Durchgang nur um einige Prozente im Ausbringen zurück. Der Unterkornüberschuß ist nicht größer als beim Stachelwalzwerk. Koks I ließ sich also auf dem Symons-Brecher gut brechen.

Für die Kokssorte II lieferte das Nockenwalzwerk mit 82,2% das höchste Ausbringen bei 9,6% Grusüberschuß. Das Stachelwalzwerk des VEB Zemag lieferte nur ein Ausbringen von 80,2% mit 10,0% Grusüberschuß. Diese Werte gelten für dreimaligen Durchgang. Der Kegelbrecher Typ 4 ergab bei einmaligem Durchgang 78,6% Ausbringen mit 8,9% Grusüberschuß. Er bleibt wiederum nur ein Prozent hinter den Walzwerken zurück trotz nur einmaligen Brechvorganges. Abermals zeigt sich bei den Walzwerken der Einfluß der Gestaltung der Brechzähne (Ausbringen beim Nockenwalzwerk 82%, beim Stachelwalzwerk des VEB Zemag 80%, beim Stachelwalzwerk des Institutes für technische Brennstoffverwertung 72%).

Im Falle von Koks III wurde der höchste Wert des Ausbringens an der technischen Sorte IV mit 90,3% bei nur 4% Grusüberschuß mit dem Nockenwalzwerk erzielt, und zwar bei nur zweimaligem Durchgang. Ein dritter Durchgang (leider fehlt dieser Versuch) hätte wahrscheinlich das Restgut +20 mm, das nach dem zweiten Durchgang nun noch 5,7% betrug, restlos beseitigt. An zweiter Stelle steht das Stachelwalzwerk des VEB Zemag mit 88,1% Ausbringen an der gewünschten Sorte bei 3,3% Grusüberschuß für dreimaligen Durchgang. Das Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung bleibt wiederum mit 81,3% Ausbringen bei 6,2% Grusüberschuß zurück. Die Symons-Kegelbrecher liefern, wie auch bei Koks II schon zu beobachten war, in allen drei Größen nahe beieinander liegende Werte, fallend von 81,6% bei Typ 1 auf 79,5% bei Typ 4 (einmaliger Durchgang). Der Grusüberschuß steigt von 7,3% bei Typ 1 auf 10,6% bei Typ 4 an, ohne daß hieraus eine Gesetzmäßigkeit abzuleiten wäre, da die Verhältnisse bei Koks II hierzu im Widerspruch stehen.

Vergleicht man den Einfluß der Kokssorte, also die Korngröße des Aufgabegutes, bei den verschiedenen Brecherarten, so ist das Nockenwalzwerk am empfindlichsten. Das Ausbringen an Sorte IV fällt bei ihm von 90,3% (zweimaliger Durchgang) für Koks III auf 82,2% (dreimaliger Durchgang) für Koks II und schließlich auf 64,1% (dreimaliger Durchgang) für Koks I, wobei gleichzeitig der Grusüberschuß von 4,0 über 9,6 auf 16,7% anwächst. Unempfindlicher ist das Stachelwalzwerk des VEB Zemag; das Ausbringen an der Sorte IV sinkt hier von 88,1% (Koks III) auf 80,2% (Koks II) und 82,6% (Koks I), während gleichzeitig der Grusüberschuß sich von 3,3 über 10,0 auf 14,1% erhöht. Stärker ist der Abfall des Ausbringens an Sorte IV beim Stachelwalzwerk des Institutes für Technische Brennstoffverwertung. Das Ausbringen fällt von 81,3% (Koks III) über 72,2% (Koks II) auf 69,8% (Koks I), während gleichzeitig der Unterkornüberschuß von 6,2 über 8,3 auf 14,0% wächst. Hingegen ist der Symons-Kegelbrecher von Betriebsgröße, also Typ 4, praktisch unempfindlich gegen die Korngröße des Aufgabegutes. Wir finden hier folgende Werte des Ausbringens: 79,5% (Koks III), 78,6% (Koks II) und 79,2% (Koks I). Die korrespondierenden Werte des Grusüberschusses sind 10,6; 8,9 und 12,4%. Bei dem kleineren Typ 2 ist eine geringe Abnahme des Ausbringens an Sorte IV von 80,2% (Koks III) über 78,5% (Koks II) auf 76,5% (Koks I) zu erkennen.

Aus diesen vergleichenden Betrachtungen lassen sich nunmehr folgende Schlüsse ziehen:

24. Die Werte des Ausbringens an der technischen Sorte IV (3—20 mm) beim Brechen von BHT-Koks liegen um 80%.
25. Diese Werte sind in verschiedenem Grade von der Korngröße des Aufgabegutes abhängig, derart, daß sie mit steigender Korngröße des Aufgabegutes fallen. Am empfindlichsten gegen diesen Einflußfaktor ist das Nockenwalzwerk; es folgt das Stachelwalzwerk des VEB Zomag; am unempfindlichsten gegen die Korngröße des aufgegebenen Koks ist der Symons-Kegelbrecher, und zwar um so mehr, je größer seine Leistung ist. (Allgemein dürfte die Empfindlichkeit der Brecher gegen die Körnung des Aufgabegutes mit der Brechergröße sich vermindern.)
26. Bei dreimaligem Durchgang lassen sich mit geeigneten Walzwerken etwas höhere Werte des Ausbringens erreichen als mit dem Symons-Kegelbrecher. Im Durchschnitt aller drei Kokssorten liefert das Walzwerk der „Zomag“ ein Ausbringen von 83,5% gegenüber einem solchen von 79% des Kegelbrechers Typ 4. Für Koks III sind allerdings die höchsten Werte des Ausbringens beim Nockenwalzwerk erreicht worden (mit über 90%), doch ist die Empfindlichkeit gegen die Kokskörnung hier so beträchtlich, daß sich im Durchschnitt aller drei Kokssorten ebenfalls nur ein Wert von 79% errechnet. Die Ausbildung der Brechzähne ist somit für das Ausbringen wichtig; dieser Einflußfaktor sollte noch weitergehend studiert werden.
27. Der verbleibende Grusüberschuß von 0—3 mm (Sorte V) beträgt im Durchschnitt aller drei Kokssorten beim Stachelwalzwerk des VEB Zomag 9,1%, beim Nockenwalzwerk 10,1% und beim Symons-Kegelbrecher Typ 4 10,6%. Die Unterschiede sind somit nicht beträchtlich, doch liefert der Kegelbrecher trotz nur einmaligen Durchganges des Gutes den höchsten Grusüberschuß.

Es stehen somit das Stachelwalzwerk mit Kreislaufverfahren und der Symons-Kegelbrecher mit nur einmaligem Durchgang des Brechgutes in der engeren Wahl. Für die erstgenannte Lösung sprechen das etwas höhere Ausbringen der gewünschten Sorte und die geringere Menge an überschüssigem Grus, für die zweitgenannte Lösung die einfachere Technologie. Wenn wir uns dafür entschlossen haben, das Stachelwalzwerk mit Kreislaufverfahren und Kreislauföffnung trotz zu erwartender höherer Anlagekosten zu empfehlen, so ist dabei berücksichtigt, daß dieses System eine größere Anpassungsfähigkeit besitzt, da außer der Spaltweite als weiteres Regelorgan für die Lenkung der Brechvorgänge die Kreislauföffnung verfügbar ist. Auch scheint es uns, daß das Entstaubungsproblem im Falle des Walzwerkes besser gelöst werden kann als beim Kegelbrecher. Dieses Problem darf nicht unterschätzt werden. Denn weil BHT-Koks aus Feinstkornbriketts hergestellt wird und weil er trocken gekühlt wird, ist die Staubeentwicklung beim Brechen sehr groß.

Das Ausbringen an Sorte IV beim Brechen wird noch um fast 2% größer und das überschüssige Unterkorn entsprechend kleiner, wenn man für die technische Körnung 12% Unterkorn zuläßt, wie es im Rahmen der Standardisierungsbestrebungen vorgesehen ist. Die Karbidindustrie sollte später genaue Versuche über die zulässigen

Über- und Unterkorngehalte an ihren Öfen durchführen, um ein volkswirtschaftlich optimales Ergebnis zu erzielen. Selbstverständlich muß die Preisgestaltung für den Karbidkoks von den Preisen der gebrochenen Sorten und den Brechkosten ausgehen.

Für das Korn 0—3 mm (sowohl das dem natürlichen Sortenanfall entsprechende wie das zusätzlich beim Brechen entstehende) soll eine Sichtanlage erstellt werden, die es in 0—1 und 1—3 mm unterteilt. Über Sichtversuche mit dem Schrägkammer-Siebwindrichter, die hierzu angestellt wurden, wird in einer besonderen Arbeit berichtet [5].

Um die Verbesserung der Versorgung der Karbidindustrie anzustreben, hat die Forschungsgemeinschaft BHT-Koks empfohlen, die im Kombinat Lauchhammer anfallenden Mengen an Koks II und III, d. s. insgesamt 376 000 t, zu Karbidkoks der Körnung 3—20 mm zu brechen, da diese Sorten bis auf einen kleinen Teil für das NOW Calbe an Abnehmer gehen, die auch Gaskoks verwenden können. Dadurch könnten, unter Annahme eines Nutzgutausbringens von 80%, der Karbidindustrie zusätzlich 300 000 t Koks der Körnung 3—20 mm, insgesamt also 400 000 t/Jahr zur Verfügung gestellt werden. Hierzu ist noch zu bemerken, daß die Karbidindustrie durch den Einsatz von BHT-Koks infolge des niedrigeren Preises gegenüber Steinkohlenkoks, verringerten Kalk- und Energieverbrauches und infolge Wegfalles der Trocknungskosten erhebliche Mittel einsparen kann.

Im Zusammenhang mit unseren Brechversuchen sind eine große Anzahl von Körnungskurven angefallen, die Anlaß geben, die theoretischen Fragen der Kornverteilung beim Brechen näher zu studieren. Auch hierüber wird besonders berichtet.

Wir hoffen, mit dieser Arbeit einen Beitrag für die Lösung des volkswirtschaftlich wichtigen Problems der besseren Versorgung der Karbidindustrie mit Braunkohlenhochtemperaturkoks gegeben zu haben. Die Projektierung der Brechanlage für den VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer ist inzwischen in Angriff genommen worden.

Für die Versuche haben das Forschungsinstitut für Aufbereitung in Freiberg, der VEB Stickstoffwerk Piesteritz, der VEB Zemag in Zeitz und die Versuchsbrikettfabrik des Deutschen Brennstoffinstitutes in Bitterfeld Zerkleinerungsaggregate zur Verfügung gestellt und die Versuche selbst tatkräftig unterstützt. Hierfür gebührt ihnen aufrichtiger Dank.

#### Literatur

- [1] STRIEBEL, H., und TISCHER, H.: Anforderungen des Calciumcarbido-fens an die Koksqualität. Freib. Forsch.-H. A 140 (1960) S. 48—73.
- [2] ROSIN, P., und RAMMLER, E.: Die Kornzusammensetzung des Mahlgutes im Lichte der Wahrscheinlichkeitslehre. Kolloidzeitschrift 67 (1934) 1, S. 16—26.
- [3] ANDREASEN, A. H. M.: Zur Kenntnis des Mahlgutes. Kolloidchemische Beihefte (Ergänzungshefte zur Kolloidzeitschrift) Band XXVII (1928) S. 349—462.
- [4] KIRCHBERG, H.: Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe, Band I, 1955. Wilhelm-Gronau Verlag, Jena.
- [5] RAMMLER, E., KUBASCH, A., und KOHL, M.: Untersuchungen zur Aussichtung von Feinkorn (0—1mm) aus Braunkohlenkoxen mit dem Schrägkammer-Siebwindrichter. Freib. Forsch.-H. A 200 (1961) S. 126—164.

## Diskussion

*Dipl.-Ing. v. ALBERTI, Dresden:*

Ich danke Herrn Dipl.-Ing. HEIDE für seinen ausführlichen und ausgezeichneten Vortrag über die Zerkleinerung und das schonende Brechen von BHT-Koks für die Karbidindustrie. Die Vielfalt der Zerkleinerungsapparate stellte uns vor ein Problem, das durch die Ausführungen von Herrn Heide erstmalig eingehend beleuchtet worden ist. Ich glaube, ich darf dem Vortragenden für seine Ausführungen danken, aber gleichzeitig auch den Mitarbeitern an dem Vortrag, insbesondere Herrn FISCHER, der keine Mühe und Zeit gescheut hat, die Untersuchungen an Ort und Stelle durchzuführen und sich dabei wahrscheinlich auch einige Wochen in sehr staubiger Atmosphäre aufgehalten hat. Wir haben gesehen, daß der Koks III bei diesen Untersuchungen am besten abgeschnitten hat und daß hier das größte Nutzgutausbringen möglich ist. Gleichzeitig wird sich dem BHT-Koks nach Einführung der in Aussicht genommenen Klassierung ein neues und wertvolles Absatzgebiet in der Karbidindustrie erschließen.

*Prof. Dr.-Ing. GRUSON, Freiberg:*

Wir haben alle mit großem Interesse schon seit längerer Zeit die Entwicklung beobachtet und möchten auch von unserer Seite aus Herrn HEIDE und seinem Mitarbeiter für diese sehr mühsamen und opfervollen Arbeiten höchste Anerkennung zollen. Ich hätte eine technische Frage: „Bis zu welcher Korngröße lassen sich das Nockenwalzwerk und der Kegelmehlsieb einstellen?“ Gerade diese Kornverteilung ist interessant. Wenn wir die Dinge wirtschaftlich betrachten, dann zerkleinern wir einen Koks, der normal mit einem Preis von 65,— DM zu Buch steht, und bringen ihn selbst auf einen Preis von 45,— DM und darunter. Dieser Preis ist selbstverständlich einkalkuliert. Darüber hinaus interessieren mich diese Fragen in anderem Zusammenhang. Wir haben bei 360 000 t einen Mindererlös von rund 20,— DM/t. Wie wir aus den vorjährigen Ausführungen von Herrn Dr. STRIEBEL, Herrn Dr. MOLL und anderen Herren vom Buna-Werk wissen, sind die Vorteile, wie Herr Heide bestätigt, auf der Karbidseite außerordentlich groß. Praktisch bezahlt also das Lauchhammerwerk den Fortschritt in der Karbidindustrie. Dieses Beispiel ist derartig schön, klar und übersichtlich, daß man es wirklich einmal als Präzedenzfall nehmen könnte, um diesen Fragenkomplex zu behandeln. Selbstverständlich ist es herrlich, wenn wir die Gesamtkosten unserer Wirtschaft mit Energie senken können, wenn das Buna-Werk sagen kann, daß es Karbid so billig herstellen kann wie sonst nirgends, da ja bekanntlich die Asche des BHT-Kokes aktiv am Karbidprozeß teilnimmt.

Meines Erachtens sollte der Gesamtkomplex im Austausch der Erfahrungen und in opferwilligem Zusammenarbeiten der einzelnen Kombinate doch in irgend einer Weise seinen Niederschlag finden. Wir erleben es nämlich auf der Steinkohlenseite, daß, wenn beispielsweise in Magdeburg ein guter Koks erzeugt wird, prompt darauf Calbe mit einer Senkung der Selbstkosten um 10 oder 20% aufwartet.

*Dipl.-Ing. INTELMANN, Freiberg:*

Die Arbeit ist sehr zu begrüßen, denn das gleiche Problem der Zerkleinerung eines Gutes auf eine bestimmte Korngröße mit engen Grenzen nach oben und unten besteht auch in anderen Industrien. In der Kaliindustrie besteht z. Z. in mehreren Werken die Aufgabe, ein Gut von 1—5 mm zu erzeugen. Die Grenzen sind dort also noch enger. Es ist meiner Ansicht nach notwendig, zusammenzuarbeiten, um für die schonende Zerkleinerung eines Gutes zu einem körnungsmäßig eng eingegrenzten Produkt allgemeine Richtlinien zu erhalten.

*Dipl.-Ing. KRIEG, Böhlen:*

Wenn ich recht verstanden habe, war im Anschluß an diese Untersuchung des Vortragenden an die Staatliche Plankommission eine Eingabe gemacht worden, die Kokssorten II und III von Lauchhammer zu zerkleinern. Es handelte sich um 376 000 t. Diese kamen dann bei Calbe in Fortfall. Es wurde erwähnt, daß Calbe ebensogut mit Gaskoks arbeiten könnte. Es interessiert nun rein wirtschaftlich die Frage, woher dann dieser Gaskoks kommen soll, bzw. welche Industrie dann diesen Gaskoks abtreten soll und woher und in welcher Form letzterer dann Ersatz werden soll.

*Ing. KREBS, Lauchhammer-Mitte:*

Ich möchte zu den gestellten Fragen einige aufklärende Ausführungen machen. Einmal zu der Frage von Herrn Prof. GRUSON wegen der Wirtschaftlichkeit des Brechens von BHT-Koks und zum anderen zur Frage der Zusammenarbeit mit den Werken. Vorwiegend möchte ich, daß eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit Buna, im besonderen aber mit Piesteritz schon seit Jahren besteht. Das Koksbrechen ist aber praktisch erst seit einem Jahr akut, weil Absatzschwierigkeiten durch Qualitätsbedingungen des BHT-Kokses eingetreten waren. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit erinnere ich auch an eine Veröffentlichung vom Stickstoffwerk Piesteritz in der Zeitschrift „Die Wirtschaft“, die besagt, daß praktisch der BHT-Koks 100,— DM je t kosten könnte, wobei die Wirtschaftlichkeit beim Einsatz in der Karbiderzeugung noch gegeben wäre. Die Zahlen, die heute genannt worden sind, zwingen uns, die Zeit, bis in Lauchhammer die Koksbrechanlage in Betrieb geht, mit einem Provisorium, das vor zwei Tagen in Betrieb genommen wurde, zu überbrücken. Das Provisorium der Koksbrechanlage besteht aus einem von Buna umgesetzten Stachelwalzenbrecher. Somit werden wir auch bald in der Lage sein, anhand der tatsächlichen Fraktionierung zu den in Freiberg durchgeführten Versuchen bzw. deren Ergebnissen mit Werten der Praxis aufzuwarten. Als Preis für den gebrochenen Koks der Körnung 20—30 mm sind 67,— DM/t kalkuliert worden. Das ist also gegenüber 45,— DM/t für das normale Gut der Körnung 20—30 mm eine Differenz von 22,— DM/t. Unter Berücksichtigung der Mengen, die hier genannt wurden und später zur Verfügung stehen sollen, wurde eine Wirtschaftlichkeit von 10—12 Mill. DM für die Karbidindustrie errechnet. Allgemein zum Lauchhammer-Koks möchte ich noch einmal an die Anfänge der Projektierung der Koksbrechanlage zurückdenken. Damals bestanden noch Schwierigkeiten für den Absatz der Körnung unter 3 mm (bzw. 1—0 und 3—1 mm). Im letzten halben Jahr hat sich das grundlegend geändert. Der Bedarf für die Zementindustrie und den Export ist beachtlich angestiegen, und ich glaube, es ist jetzt genau so wichtig, das Transportproblem für die feine Körnung zu lösen, das wohl momentan den Schwerpunkt darstellt. Das Transportproblem ist durch die zusätzliche Bereitstellung von Kessel- bzw. Topfwagen und natürlich auch durch die Schaffung von pneumatischen Entlademöglichkeiten bei den Verbrauchern zu klären.

*Dipl. Ing. HEIDE, Freiberg:*

Auf die Frage von Herrn Professor GRUSON ist zu sagen, daß bei der Standardausführung des Kegelbrechers je nach Art und Größe des Aufgabegutes Spaltweiten von 15—60 mm eingestellt werden können. Dabei ist unter Spaltweite stets die geringste Entfernung zwischen dem sich exzentrisch abrollenden Brechkegel und dem feststehenden Brechmantel zu verstehen.

Herr Dipl.-Ing. INTELMANN erwähnte, daß das Problem der Zerkleinerung eines Gutes auf eine nach oben und nach unten begrenzte Korngröße auch andere Industriezweige, wie z. B. die Kaliindustrie, interessiert. Wir haben das erste Mal derartige Versuche mit BHT-Koks gemacht, da dieses Problem für die Karbidindustrie vorrangig ist. Das Forschungsinstitut für Aufbereitung in Freiberg hat sich wahrscheinlich noch mit der Zerkleinerung andersgearteter Güter zu befassen. Eine Zusammenarbeit und ein gegenseitiger Erfahrungsaustausch auf diesem Gebiet sind deshalb zu begrüßen.

Zur Frage des Herrn Dipl.-Ing. KRIEG möchte ich zunächst folgendes sagen: In meinem Vortrag habe ich gesagt, daß die in Lauchhammer anfallenden Sorten Koks II und III — bis auf einen kleinen Teil für das NOW Calbe — z. Z. an Abnehmer gehen, die auch Gaskoks verwenden können (Vergasungsanlagen und Zentralheizungen). Das NOW Calbe wird also nach wie vor Koks I und die erforderliche geringe Menge Koks II erhalten. Werden der Karbidindustrie größere Mengen an BHT-Koks 3—20 mm zur Verfügung gestellt, so wird diese weniger Gaskoks verbrauchen. Dieser wird also für die Abnehmer frei, die bisher BHT-Koks einsetzen.

Zur Frage der Wirtschaftlichkeit, die Herr Ing. KREBS anschnitt, ist zu sagen, daß die Karbidindustrie durch den erhöhten Einsatz von BHT-Koks anstelle von Gaskoks durch verringerten Kalk- und Energieverbrauch, durch Wegfall der Trocknungskosten für Gaskoks und durch den niedrigeren Preis des BHT-Kokses jährlich rund 12 Millionen DM einsparen wird.

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

## Entbenzinierung von BHT-Kokereigas mit handelsüblicher Aktivkohle

Mitteilung aus der Ingenieurtechnischen Zentralstelle Böhlen

Dem folgenden Bericht über Versuche zur Entbenzinierung von Kokereigas der ersten Braunkohlenhochtemperaturkokerei Lauchhammer mit Aktivkohle seien einige allgemeine Betrachtungen über Verfahren zur Entbenzinierung von Gasen, insbesondere über das Adsorptionsverfahren vorangestellt.

Für die Abscheidung von Dämpfen können 3 Gruppen von Verfahren Anwendung finden.

1. Das Absorptions- oder Waschverfahren mit geeigneten Waschmitteln, z. B. durch die Anwendung in den Gasbenzinwaschanlagen der Braunkohlenschwelanlagen bekannt.
2. Das Adsorptionsverfahren mit großoberflächigen Stoffen wie Aktivkohle, Kieselgel und anderen anorganischen Gelen.
3. Kondensationsverfahren unter Druck oder Kälte.

Bei der Adsorption gibt die Beladungshöhe an, wieviel Gramm Adsorptiv (z. B. Gasbenzin) je 100 g Adsorbens (z. B. Aktivkohle) adsorbiert wurden.

Die Gleichgewichtsbeladung ist die Beladungshöhe im Gleichgewicht mit einem Dampf bestimmter Konzentration. Diese Abhängigkeit der Beladungshöhe eines Adsorbens von der Endkonzentration des aufzunehmenden Stoffes im Gas wird in Adsorptionsisothermen dargestellt. In Bild 1 sind die Adsorptionsisothermen von Benzoldampf an Aktivkohle für 0, 20, 50 und 100°C dargestellt.

Aus dieser Darstellung entnehmen wir, daß z. B. bei einer Temperatur von 20°C eine Endkonzentration des behandelten Gases an Benzol von 1 g/m<sup>3</sup> mit einer Benzolbeladung der Aktivkohle von etwa 23 g/100 g = 23% im Gleichgewicht steht.

Man nennt diesen die Zusatzbeladung. Die Zusatzbeladung ist die Beladungshöhe abzüglich der Restbeladung. Hierbei ist die Restbeladung der infolge des Rückhaltevermögens des Adsorbens schwierig austreibbare Beladungsrest nach erfolgter Entladung beladener Adsorbenten.

Für den Techniker ist die Höhe der Zusatzbeladung besonders wichtig. Bei den vorwiegend diskontinuierlich arbeitenden Adsorptionsverfahren ist eine möglichst große Beladungshöhe anzustreben.

Je höher die adsorbierte Menge ist, desto niedriger sind die Betriebskosten je Einheit des erzeugten Produktes.

Mit dieser Tatsache hat der Praktiker zu rechnen. In den folgenden Ausführungen über die Versuche zur Entbenzinierung von BHT-Kokereigas mit Aktivkohle wird hierauf noch eingegangen.

Wie kam es nun zu diesen Versuchen in Lauchhammer?

Die von dem VEB Projektierungs- und Konstruktionsbüro „Kohle“, Berlin, mit der Projektierung der Gas und Flüssigkeit führenden Anlagen der Großkokerei Lauchhammer beauftragte Ingenieurtechnische Zentralstelle des VEB Kombinat „Otto

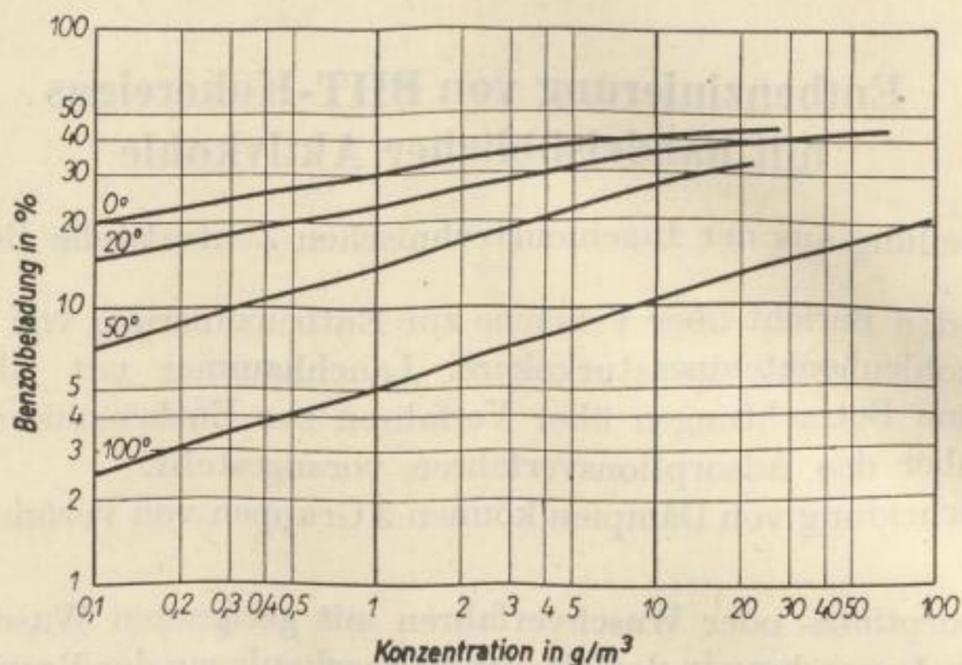


Bild 1. Adsorptionsisothermen von Benzol-Dampf an Aktivkohle (nach BRATZLER, Adsorption von Gasen und Dämpfen)

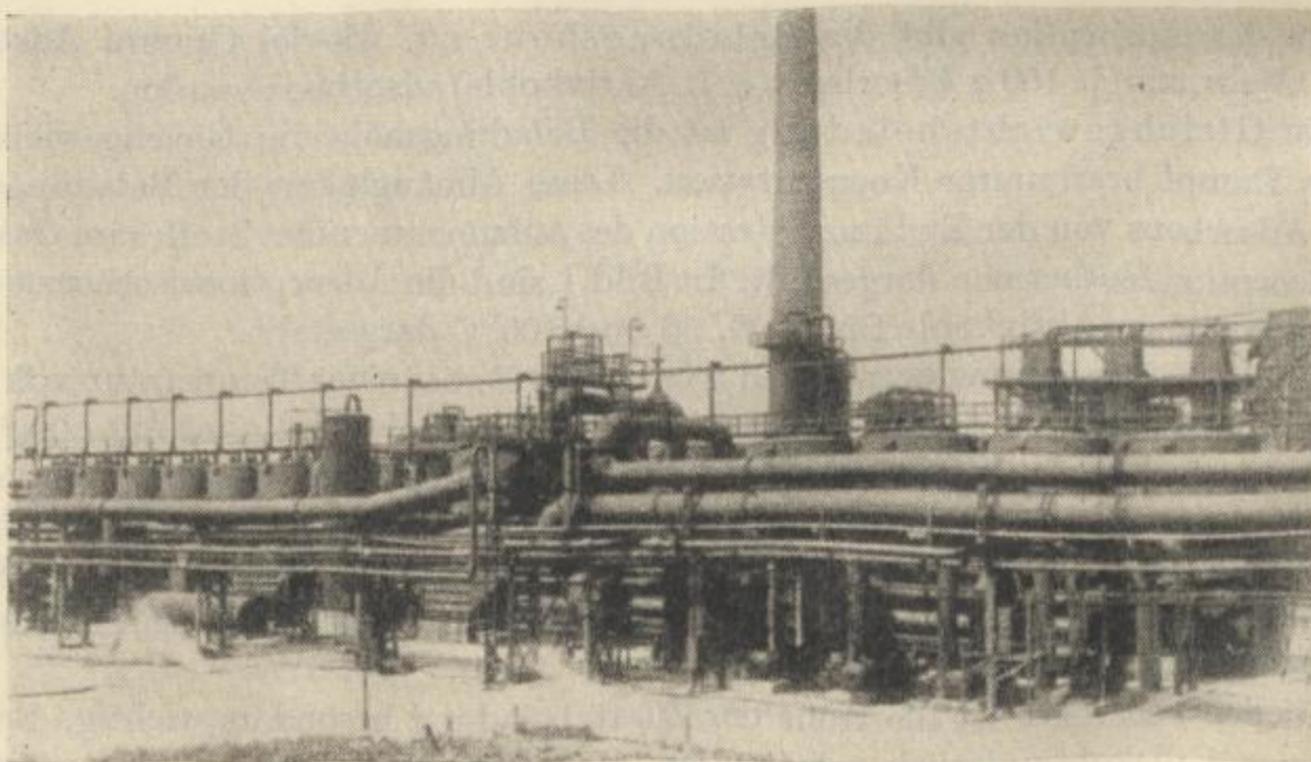


Bild 2. Adsorptionsanlage beim Fischer-Tropsch-Synthese-Verfahren

Grotewohl“, Böhlen, hatte seinerzeit die Frage zu untersuchen, für welches Verfahren die Anlage zur Entbenzinierung des Kokereigases zu bauen sei. Es war an sich naheliegend, die Entscheidung zugunsten des für Stein- und Braunkohlen-Schwelgase erprobten Waschölverfahrens zu treffen. In die engere Wahl trat jedoch auch das Ver-

fahren der adsorptiven Gewinnung mittels Aktivkohle, da hierfür eine nahezu komplette, im Mineralölwerk Lützkendorf frei gewordene Anlage zur Verfügung stand. Diese Anlage ist im Bild 2 dargestellt.

Welche Chancen konnte man dem Adsorptions-Verfahren auf Grund des seinerzeitigen Standes der Technik einräumen?

Bratzler hat in einer durch das hier nicht näher zu betrachtende Tiefkühlverfahren ergänzten Aufstellung eine Übersicht über die Anwendung der einzelnen Kohlenwasserstoffgewinnungsverfahren in Deutschland gegeben.

Während bei der Fischer-Tropsch-Synthese ausschließlich das Adsorptionsverfahren zur Anwendung gelangt, können auf den anderen Gebieten entsprechend verschiedenartigen Betriebsbedingungen mehrere Gewinnungsverfahren in Frage kom-

Tabelle 1<sup>1</sup>

Übersicht über die Anwendung der verschiedenen KW-Stoffgewinnungsanlagen in Deutschland

Arbeitsgebiet	Tiefkühlverfahren	Waschverfahren	Adsorptionsverfahren
1. Kohlendestillationsgase aus Kokereigas:			
Benzol	+	+	+
Gasol (C <sub>3</sub> + C <sub>4</sub> )	+	—	+
Äthylen	+	—	+
Methan	+	—	—
aus Schwelgas:			
Benzin	—	+	(+)*
Gasol	—	—	—
2. Erdgase:			
Gasolin	(+)*	(+)*	+
Treibgas	—	—	+
3. Abgase der Hochdruckhydrierung:			
C <sub>5</sub> + -KW-Stoffe	+	+	—
Treibgas (C <sub>3</sub> + C <sub>4</sub> )	+	+	—
Äthan	+	+	—
4. Endgase der Fischer-Tropsch-Synthese:			
Benzin } Niederdruck	—	—	+
Gasol } Niederdruck	—	—	+
Benzin } Mitteldruck			+
Gasol } Mitteldruck			+
5. Crackgase:	nur in Kombination mit Gasen der Hochdruckhydrierung und der Fischer-Tropsch-Synthese verarbeitet		

\* (+) bedeutet, daß das Verfahren heute nicht mehr angewendet wird oder nur versuchsweise betrieben wurde

<sup>1</sup> Erdöl und Kohle, 4. Jahrgang, August 1951, Nr. 8.

men. Bei der Benzolgewinnung aus Kokereigas kommen beispielsweise alle 3 Verfahren in Betracht.

Für die Gewinnung von Benzin aus Schwelgas hat sich das Waschölverfahren bewährt. Das Adsorptionsverfahren wird nach Bratzler für die Entbenzinierung von Schwelgas „nicht mehr angewendet bzw. wurde nur versuchsweise betrieben“. Es ist uns auch heute noch kein Fall der großtechnischen Anwendung des Adsorptionsverfahrens für die Benzolgewinnung aus Braunkohlenentgasungsgasen bekannt.

Auch die Einführung der Adsorption von Benzol an Aktivkohle in Gaswerken ist nicht ohne Schwierigkeiten vor sich gegangen. Es zeigte sich anfangs, daß die Aufnahmefähigkeit der Aktivkohle für das Benzol mit der Zeit stark nachließ. Während man z. B. mit 1 kg Aktivkohle aus Erdgas 1000—2000 kg Gasolin gewinnen konnte, kam man bei den ersten Gaswerken nicht über 20 kg Benzol je kg Aktivkohle. Die anfängliche Vermutung, daß die Poren der Kohle durch Teerteilchen im Gas verstopft würden, war nicht zutreffend. Eingehende Untersuchungen ergaben die wahren Ursachen für die Verstopfung der feinen Kapillaren der Aktivkohle. Man fand, daß sie hauptsächlich durch Harzabscheidung infolge Polymerisation ungesättigter Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases erfolgte. Diese vorwiegend aus Diolefinen gebildeten und auf der Kohle abgelagerten Stoffe ließen sich auch bei Anwendung von Wasserdampf höherer Temperatur nicht mehr austreiben.

Von den Gasverunreinigungen ist es vor allem der Schwefelwasserstoff, der bei Anwesenheit von Sauerstoff im Gas zu Schädigungen der Aktivkohle führt. Durch den  $O_2$ -Gehalt des Gases setzt sich der im Gas enthaltene Schwefelwasserstoff auf der Aktivkohle nach der Gleichung um:  $2 H_2S + O_2 = 2 H_2O + 2 S$ . Der Schwefel verstopft die Poren der Aktivkohle. Auch Ammoniak löst in der Aktivkohle katalytische Vorgänge aus. Stickoxyde wirken äußerst aktiv bei der Verharzung als Sauerstoffüberträger mit.

Die Abnahme der Aufnahmefähigkeit der Aktivkohle bedeutet zunächst noch keine Abnahme der Ausbeute; jedoch macht sich ein öfteres Ausdämpfen der Aktivkohle erforderlich.

Nach einer Reihe von Verbesserungen an der Apparatur und der Arbeitsweise gelang eine bedeutende Verlängerung der Lebensdauer der Aktivkohle.

Ein entscheidender Beitrag für die Vervollkommnung des Adsorptionsverfahrens war jedoch die Entwicklung der Aktivkohlesorte „Benzorbon“, die vor allem eine geringere Verharzungsgeschwindigkeit für die ungesättigten Verbindungen zeigt. Durch die Entwicklung dieser Kohle konnte die Benzolgewinnung mit Aktivkohle einen starken Auftrieb erfahren.

Von den zahlreichen in Deutschland, Frankreich und England gebauten Aktivkohleanlagen befindet sich eine der größten in England auf dem Gaswerk Bekton bei London, wo täglich 80 t Benzol gewonnen werden. Dort werden 200 kg Benzol/kg Aktivkohle, in größeren bis mittleren Gaswerken 100 kg Benzol/kg Aktivkohle gewonnen.

Die Anforderungen an das in Aktivkohleanlagen zu behandelnde Gas lauten:

frei von Teerresten,

weitgehende Freiheit von Sauerstoff

max.  $H_2S$ -Gehalt: 1 g/100 m<sup>3</sup> (möglichst geringer)

max.  $NH_3$ -Gehalt: 0,3 g/100 m<sup>3</sup>.

Während also bei Einhaltung dieser Bedingungen die Anwendung des Aktivkohleverfahrens für Steinkohlenentgasungsgase wirtschaftlich anwendbar ist, konnte man sich in Anbetracht des in seiner Zusammensetzung noch nicht bekannten Braunkohlenhochtemperatur-Kokereigases nicht ohne weiteres entschließen, das Aktivkohleverfahren beim Bau der ersten BHT-Kokerei in Lauchhammer zur Anwendung zu bringen.

Auf Grund einer Empfehlung, die der Ingenieurtechnischen Zentralstelle vom Herstellerwerk für Aktivkohle VEB Kunstseidenwerk Premnitz gegeben wurde, wurde beschlossen, die Entscheidung, ob das Waschöl- oder das Aktivkohleverfahren anzuwenden ist, vom Ergebnis kleintechnischer Versuche abhängig zu machen.

Es erfolgte daraufhin die Projektierung einer kleintechnischen Aktivkohle-Versuchsanlage durch die IZ und deren Bau in der Großkokerei Lauchhammer.

### Aufbau der Versuchsanlage

Die folgenden Abbildungen zeigen diese Versuchsanlage.

Bild 3 gibt einen Überblick über die gesamte Versuchsanlage, die von der Firma Heckmann-Apparate Leipzig erstellt wurde.

Im rechten Bildteil befindet sich eine Versuchs-Waschölentbenzinierung mit Feldwascher, Wasch- und Mittelöldestillation, den zugehörigen Rieselkühlern und Behältern; in der linken Bildhälfte ist die Versuchs-AK-Anlage mit vorgeschaltetem Entschwefelungsturm zu sehen. Sie ist in Bild 4 nochmals gesondert dargestellt.

In Bild-Mitte erkennt man die drei Adsorber, links oben über dem Meßraum gelegen den Gaskühler. Gaserhitzer und Gebläse sind durch die Adsorber-Gruppe verdeckt. Rechts im Bild liegt der Entschwefelungsturm.

Bild 5 zeigt eine Teilansicht des gemeinsamen Meßraumes für die gesamte Versuchsanlage.

Der Aufbau der Versuchs-AK-Anlage ist aus dem Schema Bild 6 ersichtlich.

Das zu entbenzinierende Gas gelangt zuerst in den Entschwefelungsturm, in dem es von oben nach unten durch drei Schichten Lautamasse hindurchströmt und hierbei seinen Schwefelwasserstoff an die Reinigungsmasse abgibt, dann in die Versuchs-AK-Anlage. Hier durchströmt es abwechselnd einen der drei Adsorber, die mit Aktivkohle gefüllt sind, von unten nach oben und gibt das Gasbenzin an diese ab.

Bei der Beladung der Aktivkohle mit Stoffen verschiedenen Molekulargewichtes, wie dies beim Gasbenzin der Fall ist, erfolgt eine Verdrängung in dem Sinn, daß gegen Ende der Beladung in der Nähe der Gaseintrittsseite sich die höchstmolekularen, bei der Austrittsseite die niedrigstmolekularen, adsorbierten Stoffe anreichern. Es werden also bei einer weiteren Fortsetzung der Beladung stets die niedrigstmolekularen Stoffe zuerst aus der Aktivkohle verdrängt und gelangen so wieder in das behandelte Gas. Wir werden dies später an verschiedenen Analysen des gewonnenen Gasbenzins beobachten können.

Nach beendeter Beladung der Aktivkohle wird der beladene Adsorber mit überhitztem Niederdruckdampf, dessen Druck auf 0,1 at Überdruck reduziert ist, ausgedämpft. Der Dampf durchströmt die Aktivkohle von oben nach unten und treibt die von ihr aufgenommenen Kohlenwasserstoffe aus. Entsprechend der Schichtung der

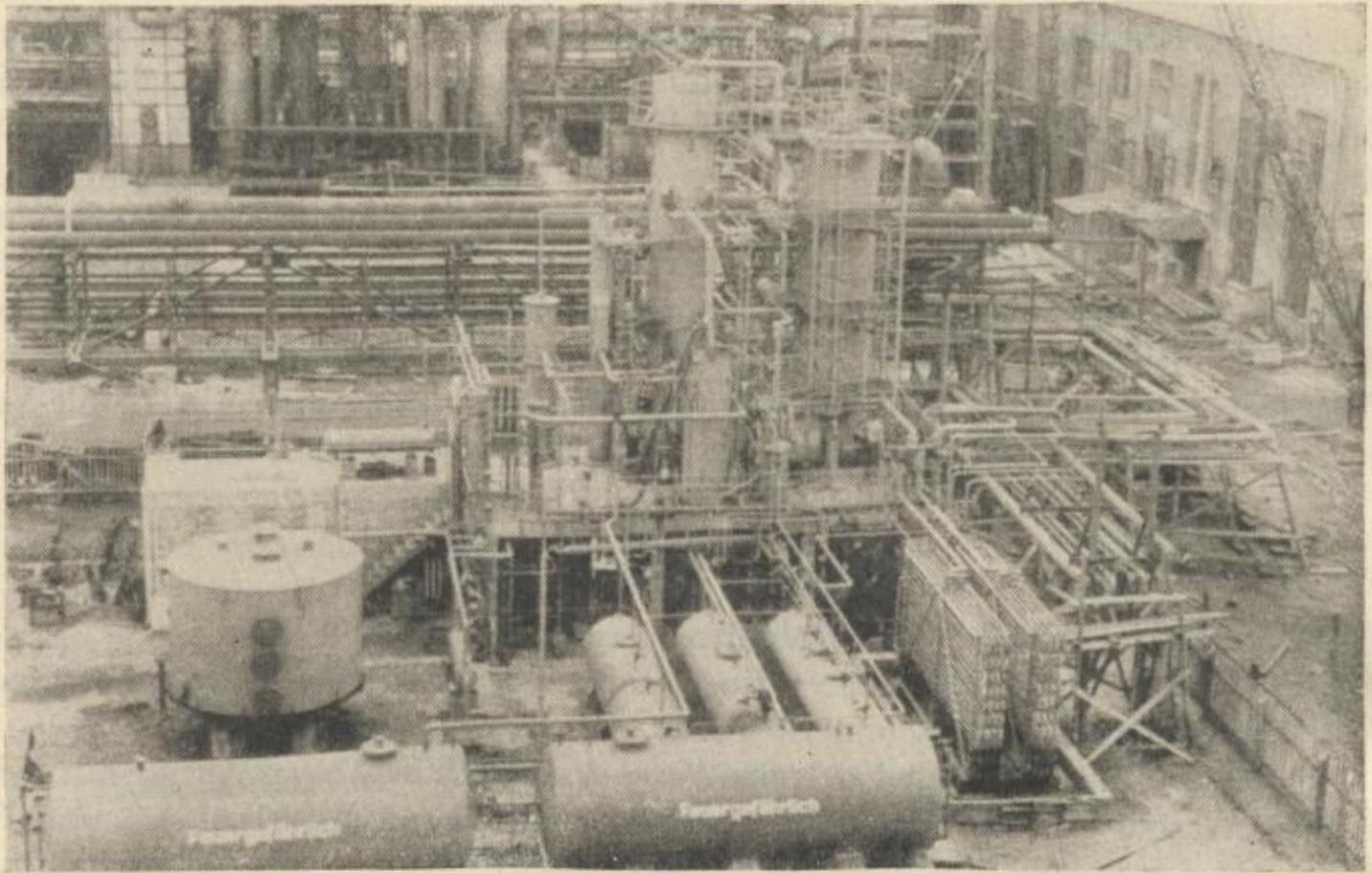


Bild 3. Versuchsanlage zur BHT-Kokereigas-Entbenzinierung

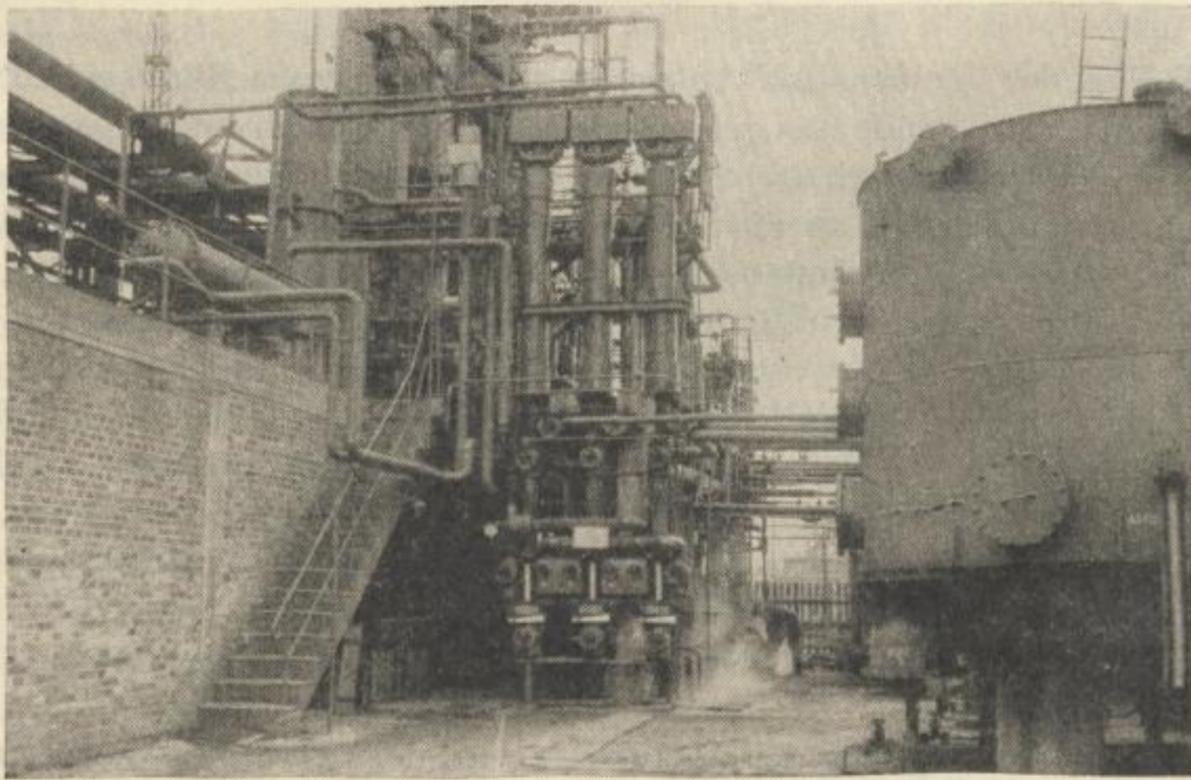


Bild 4. Versuchs-Aktivkohleanlage zur BHT-Kokereigas-Entbenzinierung

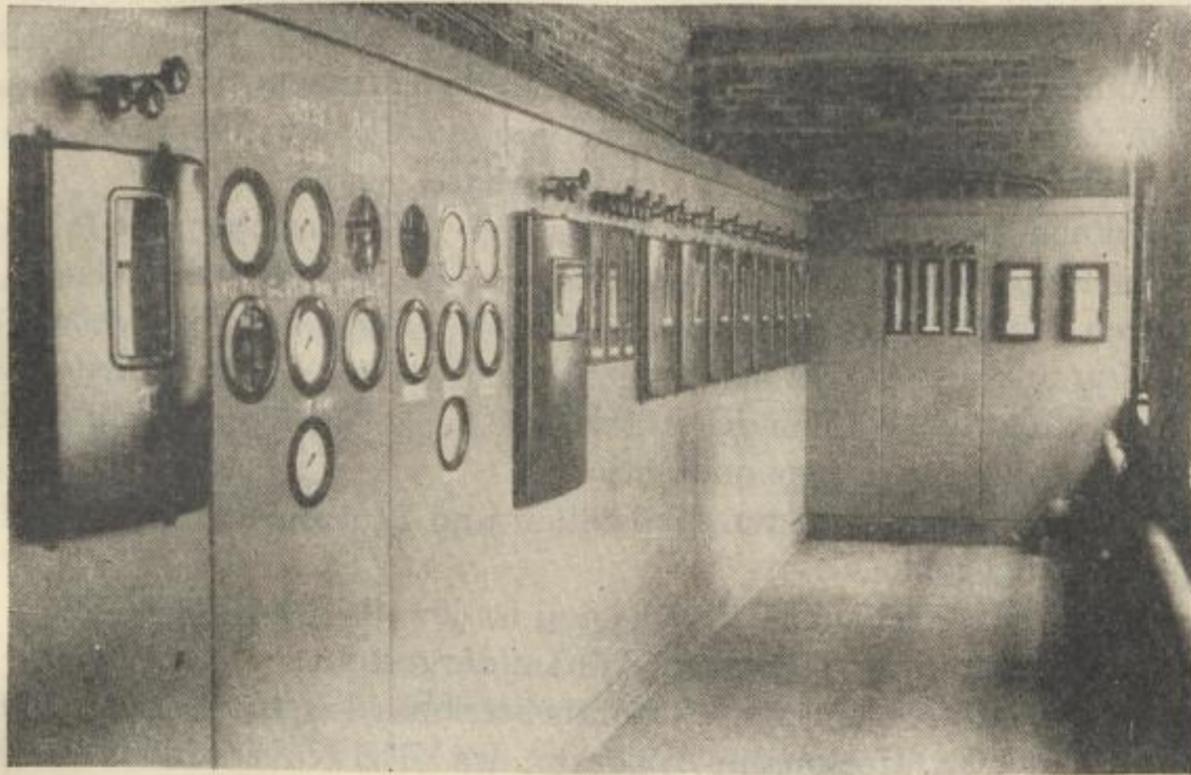


Bild 5. Meßraum der Versuchsanlage

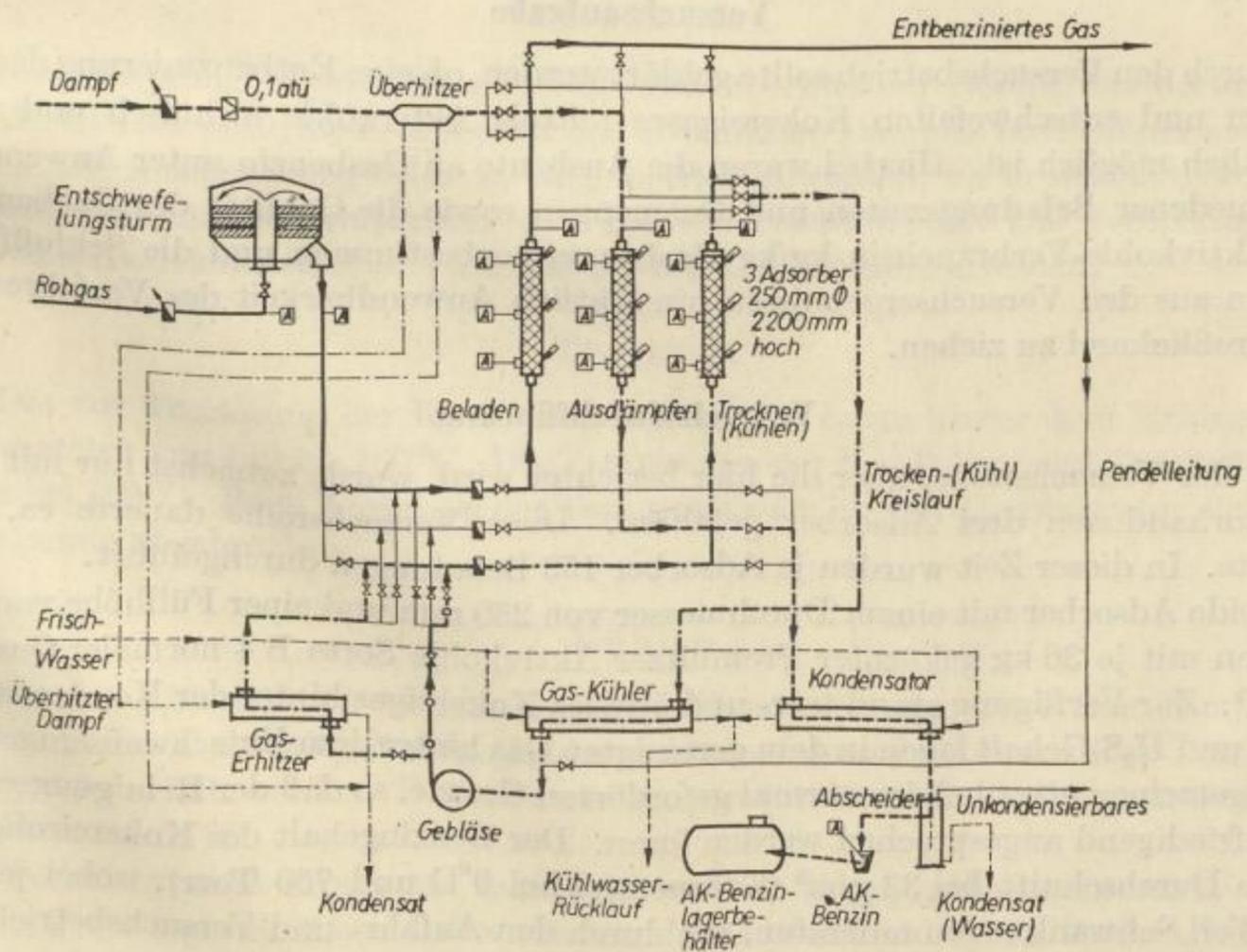


Bild 6. Schema der Versuchsanlage

Stoffe nach Molekulargewichten in der Aktivkohleschicht treten hierbei die desorbierten Stoffe in der Reihenfolge Methan, Kohlensäure, Propylen, Propan, Butylen, Butan usw. aus. Im Kondensator werden die Dämpfe verflüssigt und im Abscheider das Wasser vom Benzin getrennt. Das Gas-Benzin wird in einem Meßgefäß aufgefangen und dann im Lagerbehälter für Gasbenzine gesammelt. Am Kopf des Abscheiders treten die unkondensierbaren Anteile des Desorbates aus.

Beim Trocknen der Aktivkohle wird hinter dem Adsorber über eine Pendelleitung entnommenes Reingas von dem Gebläse angesaugt und über den Gaserhitzer im Kreislauf durch den Adsorber und einen Gaskühler, in dem das vom heißen Gas beim Trockenvorgang aus der Aktivkohle aufgenommene Wasser abgeschieden wird, gedrückt. Dann erfolgt das Kühlen der Aktivkohle, wobei aus dem beschriebenen Gasumlauf der Gaserhitzer herausgenommen wird.

Im Schema sind die wichtigsten Meßstellen und Stutzen für die Entnahme von Analysenproben angegeben.

Durch Pfeile und verschiedene Stricharten ist jeweils der Fluß für die 4 Arbeitstakte Beladen, Ausdämpfen, Trocknen, Kühlen dargestellt.

Nach kollektiver Durchführung des Anfahrbetriebes der Anlage unter Beteiligung der Großkokerei, der Fa. Heckmann-Apparate, des VEB Kunstseidenwerk Premnitz und der Ingenieurtechnischen Zentralstelle Böhlen wurde die Versuchsanlage in Versuchs-Dauerbetrieb genommen.

### Versuchsaufgabe

Durch den Versuchsbetrieb sollte geklärt werden, ob eine Entbenzinierung des entteerten und entschwefelten Kokereigases mittels Aktivkohle technisch und wirtschaftlich möglich ist. Hierbei waren die Ausbeute an Gasbenzin unter Anwendung verschiedener Beladungszeiten und Gasmengen sowie die Qualität des Gasbenzins, der Aktivkohle-Verbrauch in kg/kg Gasbenzin zu bestimmen und die Schlußfolgerungen aus den Versuchsergebnissen hinsichtlich Anwendbarkeit des Verfahrens in der Großkokerei zu ziehen.

### Versuchsdurchführung

In der Versuchsreihe, über die hier berichtet wird, wurde zunächst nur mit zwei der vorhandenen drei Adsorber gefahren. Diese Versuchsreihe dauerte ca. drei Monate. In dieser Zeit wurden je Adsorber 153 Beladungen durchgeführt.

Beide Adsorber mit einem Durchmesser von 250 mm und einer Füllhöhe von 2 m wurden mit je 36 kg gekörnter Premnitzer Aktivkohle Sorte B 4 normaler Qualität gefüllt. Zur Verfügung stand teer- und ölfreies Kokereigas hinter der Kondensation.  $\text{NH}_3$ - und  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehalt lagen in dem gereinigten Gas hinter dem Entschwefelungsturm im allgemeinen etwa bei der normal geforderten Grenze, so daß der Reinigungseffekt als befriedigend angesprochen werden kann. Der Benzingehalt des Kokereirohgases lag im Durchschnitt bei  $33 \text{ g/m}^3$  (Gaszustand bei  $0^\circ\text{C}$  und 760 Torr), wobei jedoch zum Teil Schwankungen auftraten, die durch den Anfahr- und Versuchsbetrieb der Verkokungsöfen bedingt waren.

Für den Betrieb der Adsorber wurden im Übereinkommen mit dem Lieferbetrieb der Aktivkohle folgende Versuchsbedingungen festgelegt:

Tabelle 2. Versuchsbedingungen für die Beladung der Aktivkohle

	Dim.	Adsorber 1	Adsorber 2	
			bis Beladung 114	ab Beladung 115
Beladungsdauer	h	5	8	7
Gasmenge	m <sup>3</sup> /h	34	24	24
Gasgeschwindigkeit (bezogen auf freien Querschnitt des Adsorbers)	cm/s	20	13,7	13,7
Gasmenge	m <sup>3</sup> /Beladg.	170	192	168
Im Gas enthaltenes Gasbenzin	kg/Beladg.	5,60	6,33	5,54
Zusatzbeladung der Aktivkohle (AK-menge = 36 kg/Adsorber)	%	15,6	17,7	15,4

### Beladen

Die ursprünglich geplante Gasmenge von 36 m<sup>3</sup>/h konnte beim Adsorber 1 nicht konstant gefahren werden, da auf Grund besonderer Gegebenheiten des Anfahrbetriebes der benötigte Vordruck nicht immer vorhanden war. Sie betrug im Mittel 34 m<sup>3</sup>/h, Adsorber 2 dagegen wurde konstant mit 24 m<sup>3</sup>/h beaufschlagt.

### Ausdämpfen

Die Dämpfung der Adsorber erfolgte mit überhitztem Dampf von 0,1 at Überdruck. Hierbei sollte die Temperatur des überhitzten Dampfes nicht höher als 180 °C liegen. Die Ausdämpfung sollte so lange betrieben werden, bis in der Aktivkohle im Adsorber unten eine Temperatur von 115 °C erreicht wurde. Die Temperatur der obersten Aktivkohleschicht sollte 150 bis 160 °C nicht überschreiten.

### Trocknen

Das zur Trocknung der Kohle umgewälzte Gas hatte hinter dem Erhitzer eine Temperatur von 140 bis 150 °C. Die Temperatur der Kohle lag beim Trockenprozeß etwa bei 100 °C. Beim Ansteigen der Temperatur am oberen Thermometer wurde die Trocknung abgebrochen.

### Kühlen

Bei der Kühlung der Aktivkohle durch Gasumwälzung sollte eine Temperatur von 25 bis 30 °C erreicht werden. In der warmen Jahreszeit konnte diese Bedingung nicht mehr erfüllt werden. Die mittlere Temperatur der A-Kohle lag nach dem Kühlen bei etwa 35 °C.

Das analytische Programm mußte leider sehr knapp gehalten werden, da das noch im Aufbau begriffene Laboratorium der Großkokerei durch vordringliche Betriebsaufgaben des Anfahrbetriebes sehr stark in Anspruch genommen war. Es beschränkte sich im wesentlichen auf die Gasbenzingehaltsbestimmungen im Gas, die Bestimmung der Verunreinigungen im Gas und Siedeanalysen des Gasbenzins.

### Versuchsergebnisse

Den eigentlichen Versuchsergebnissen soll eine für den Versuchszeitraum charakteristische Analyse des in der Aktivkohleanlage behandelten Gases vorangestellt werden.

	Vol.-%
CO <sub>2</sub>	20,0
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	1,0
O <sub>2</sub>	0,3
CO	19,7
H <sub>2</sub>	36,0
CH <sub>4</sub>	15,0
N <sub>2</sub>	8,0
	100,0%

### Gasreinigung

Hier sollen zunächst einige Angaben über die Reinigungswirkung des vor die Versuchs-AK-Anlage geschalteten Entschwefelungsturmes gemacht werden. Die Werte stellen das Mittel aus einer Vielzahl über die Gesamtversuchsdauer durchgeführter Bestimmungen dar.

	Dim.	Kokereirohgas	
		vor Entschwefelungsturm	hinter
NH <sub>3</sub>	g/m <sup>3</sup>	0,045	0,012
H <sub>2</sub> S	g/m <sup>3</sup>	5,0	0,017
org. S	g/m <sup>3</sup>	1,3	nicht bestimmt
Naphthalin	g/m <sup>3</sup>	0,03	nicht bestimmt

### Gasbenzinausbeute

In der folgenden Abbildung ist die Ausbeute an Gasbenzin und die Beladungshöhe der Adsorber am Beispiel des Adsorbers I dargestellt.

Die voll ausgezogene Linie zeigt die mittlere Gasbenzinausbeute für jeweils 10 Beladungen, der gestrichelte Linienzug die Gasbenzinausbeute als Gesamtdurchschnitt von der ersten bis zu der jeweils auf der Abszisse angegebenen Beladung. Der Gasbenzingehalt des Kokereirohgas lag über die gesamte Versuchszeit im Mittel bei etwa 33 g/m<sup>3</sup>.

Wir erkennen, daß die mittlere Gasbenzinausbeute von 10 Beladungen nur bis zur 50. Beladung bei etwa 31 g/m<sup>3</sup>  $\cong$  94% in einer tragbaren Größenordnung liegt. Der hiernach eintretende Abfall der Werte zeigt eine rasch zunehmende Schädigung der Aktivkohle an. Am Ende der Versuchsperiode war die Gasbenzinausbeute bis auf ca. 7 g/m<sup>3</sup> abgesunken.

Der Endpunkt des Linienzuges für den Gesamtdurchschnitt der Gasbenzinausbeute liegt für die Gesamtversuchsdauer bei  $22,8 \text{ g/m}^3$ . Im Mittel sind also etwa  $10,2 \text{ g/m}^3 = 31\%$  bei der Adsorption nicht erfaßt worden.

Dieser Verschlechterung des Adsorptionsgütegrades wird, wie dies auch im großtechnischen Betrieb geschieht, durch eine ständige Verkleinerung der Gasmenge/Beladung Rechnung getragen werden können. Eine solche Fahrweise sollte jedoch erst Gegenstand späterer Versuchsreihen sein. Auf einem 2. Ordinaten-Randmaßstab kann — bezogen auf die voll ausgezogene Linie — die jeweils erzielte Zusatzbeladung der Aktivkohle an Gasbenzin in  $\text{g}/100 \text{ g AK}$  abgelesen werden. Von anfangs etwa  $15 \text{ g Gasbenzin}/100 \text{ g AK}$  sank die Zusatzbeladung bis auf minimal  $3,2\%$ . Insgesamt wurden im Adsorber 1 in 153 Beladungen mit je  $\sim 170 \text{ m}^3/\text{Beladung} = 26058 \text{ m}^3$  Gas entbenziniert und hierbei  $595 \text{ kg}$  Gasbenzin gewonnen. Das sind  $22,8 \text{ g Gasbenzin}/\text{m}^3$  Gas bzw.  $16,5 \text{ kg Gasbenzin}/\text{kg}$  eingesetzte Aktivkohle.

Im Adsorber 2 wurden in 153 Beladungen mit je  $\sim 185 \text{ m}^3$  Gas/Beladung aus  $28379 \text{ m}^3$   $650 \text{ kg}$  Gasbenzin entsprechend  $23 \text{ g/m}^3$  oder  $18 \text{ kg Gasbenzin}/\text{kg}$  eingesetzte Aktivkohle gewonnen. Diese Ergebnisse sind sehr wenig befriedigend.

Es sei daher hier zum Vergleich eine graphische Darstellung für die Benzolgewinnung aus Steinkohlengas mit Aktivkohle wiedergegeben.<sup>1</sup>

Bei Einsatz von frischer Benzorbonkohle beträgt deren Zusatzbeladung der Aktivkohle an Benzol zunächst nahezu  $30\%$ . Im Verlauf der Beladungen sinkt dieser Wert ab infolge einer teilweisen Verminderung der Oberflächengröße, die durch eine Polymerisation verharzbarer adsorbierter Kohlenwasserstoffe bedingt ist. Nach Abfall der Zusatzbeladung auf  $5\text{—}7\%$  wird die Kohle infolge des Ansteigens der erforderlichen Zahl der Ausdämpfungen, der erforderlichen Dampfmenge sowie des Kühlwasserbedarfes durch frische Aktivkohle ersetzt.

Das Diagramm läßt erkennen, daß dieser Zustand erst nach einer Gewinnung von  $100 \text{ kg Benzol}/\text{kg}$  Aktivkohle eintrat, während entsprechend Bild 7 bei unseren Versuchen die Zusatzbeladung bereits nach einem Gewinn von nur  $16,5 \text{ kg Gasbenzin}$  auf  $3,2\%$  abgesunken war.

<sup>1</sup> Bunte, Brückner, Karlsruhe, Neue Verfahren und Wirtschaftlichkeit der Benzolgewinnung GWF, 1937, S. 712.

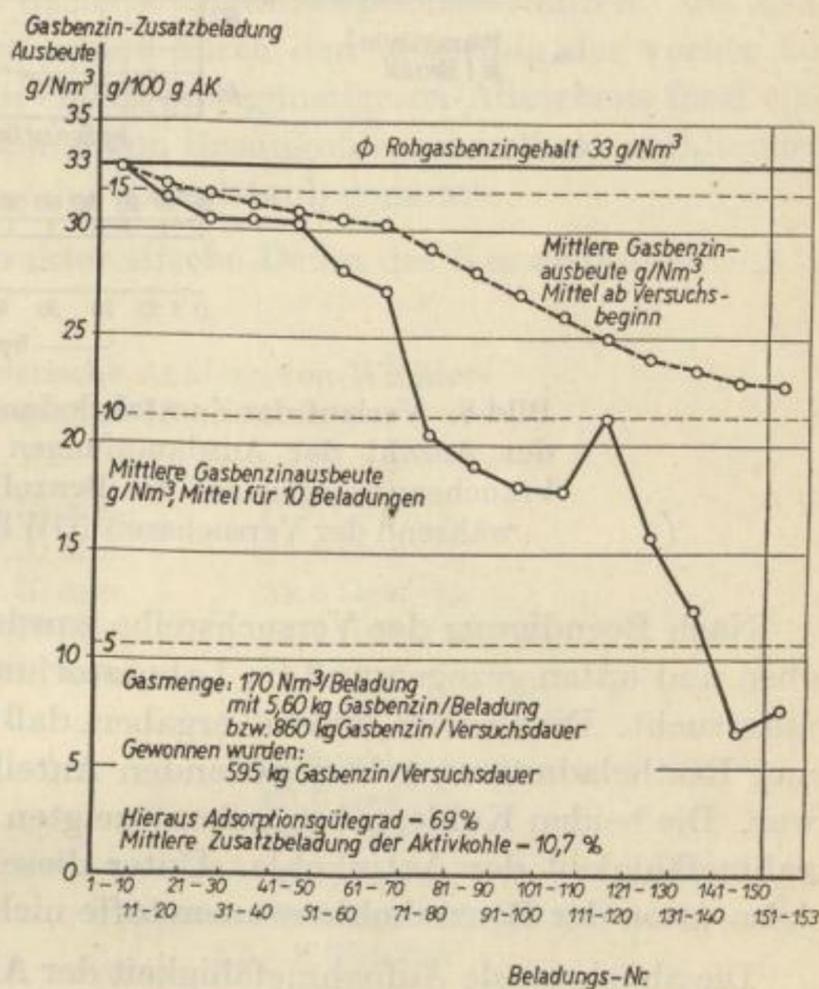


Bild 7. Gasbenzinausbeute und Zusatzbeladung des Adsorbers (anstelle  $\text{Nm}^3$  lies:  $\text{m}^3$ )

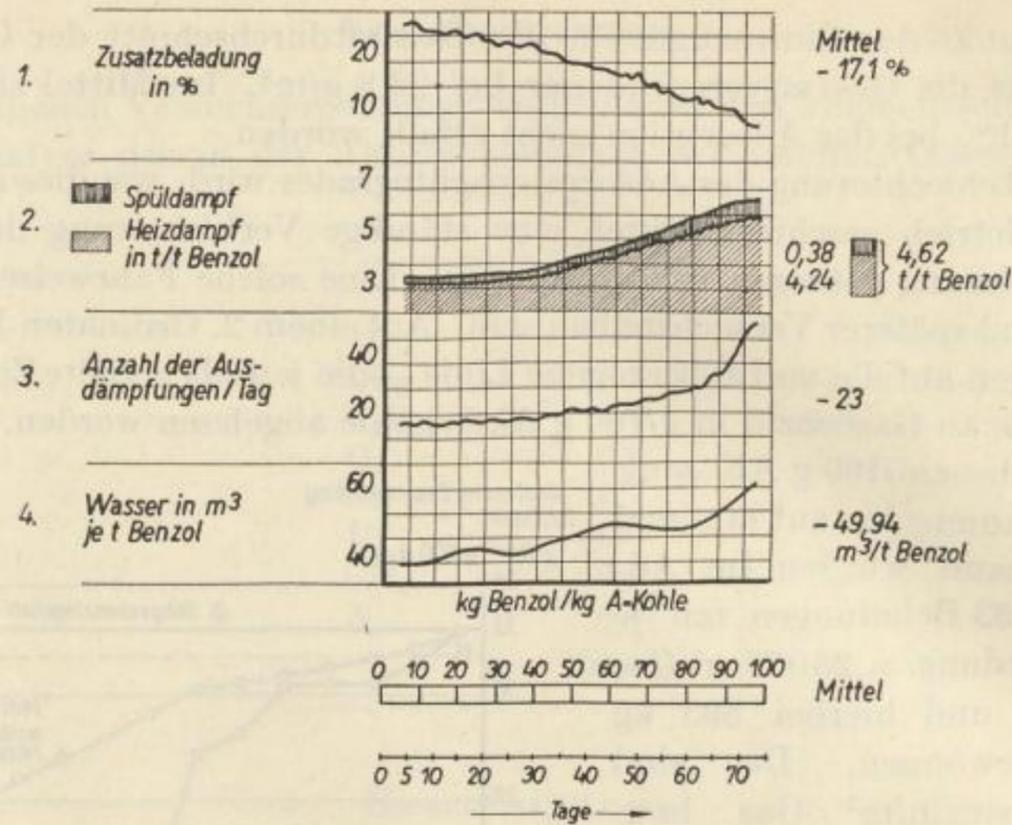


Bild 8. Verlauf der Zusatzbeladung, des Dampfverbrauches, der Anzahl der Ausdämpfungen und des Kühlwasserverbrauches, bezogen auf die Benzolleistung je kg Aktivkohle während der Versuchszeit (GWF, 1937, Heft 39, S. 712)

Nach Beendigung der Versuchsreihe wurden Kohleproben aus beiden Adsorbern oben und unten gezogen und im Laboratorium des Herstellerwerkes der Aktivkohle untersucht. Die Proben „unten“ ergaben, daß die Aktivkohle dort durch Verharzung und Restbeladung an schwersiedenden Anteilen vollkommen unwirksam geworden war. Die beiden Kohleproben „oben“ zeigten noch ca. 20% der ursprünglichen Aufnahmefähigkeit der Aktivkohle. Unter diesen Verhältnissen ist eine befriedigende Adsorption der Benzinkohlenwasserstoffe nicht mehr möglich.

Die abnehmende Aufnahmefähigkeit der Aktivkohle findet auch in den Analysendaten des Gasbenzins sichtbaren Ausdruck.

So steigen z. B. vom Versuchsbeginn bis zum Versuchsende an:

Siedebeginn von 52 °C auf 98 °C	} aus Engler-Siedeanalyse
Siedeende von 172 °C auf 206 °C	
Wichte (20 °C) von 0,842 auf 0,878	

Dies ist verständlich, werden doch nach den bekannten Gesetzmäßigkeiten zunächst die leichtsiedenden Bestandteile aus der Aktivkohle in das Gas verdrängt.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Schädigung der Aktivkohle durch Kokereigas aus der BHT-Verkokung wesentlich rascher verläuft, als bei anderen Adsorptionsprozessen, z. B. der Benzolgewinnung aus Leuchtgas. Es ist daher verständlich, daß auf Grund der erzielten Versuchsergebnisse eine Anwendung des Aktivkohle-

verfahrens für die Entbenzinierung des Kokereigases der Großkokerei Lauchhammer wegen der zu erwartenden Unwirtschaftlichkeit nicht infrage kommt.

Die Entscheidung, welches Verfahren der Entbenzinierung in der Großkokerei Lauchhammer anzuwenden ist, fiel deshalb zugunsten des Waschölverfahrens aus.

Damit sind die Ausführungen zum gestellten Thema beendet.

Es seien jedoch noch einige Worte über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Adsorptionstechnik erlaubt, die in der Ingenieurtechnischen Zentralstelle zwischenzeitlich zum Abschluß gebracht wurden.

Es handelt sich um das neuartige Wirbelschichtadsorptionsverfahren. Die Entwicklung dieses Verfahrens wurde befruchtet durch den Mißerfolg der vorher beschriebenen Versuche. Die Suche nach einem preisgünstigeren Adsorbens fand eine Lösung durch die bei der Winklervergasung von Braunkohlenschwelkoks anfallenden Vergasungsflugstäube, Multiklonstaub oder Kesselstaub genannt.

Die folgende Tafel zeigt einige charakteristische Daten des Kesselstaubes.

Tabelle 3. Charakteristische Analyse von Winklervergasungsflugstaub (Kesselstaub)

Siebanalyse:	<0,12 mm	17,6 Gew.-%
	0,12—0,20 mm	25,8 Gew.-%
	0,20—0,30 mm	38,8 Gew.-%
	0,30—0,40 mm	14,4 Gew.-%
	>0,4 mm	2,4 Gew.-%
	Verlust	1,0 Gew.-%
Wassergehalt:		Spuren
C		60,0 Gew.-%
Asche		38,0 Gew.-%
Schüttgewicht:		0,47 kg/dm <sup>3</sup>
Scheinbare Dichte:		0,6 kg/dm <sup>3</sup>
Wahre Dichte:		1,9—2,0 kg/dm <sup>3</sup>
Aktive Oberfläche:		450 m <sup>2</sup> /g

Aus der Siebanalyse ergibt sich ein mittlerer Korndurchmesser  $d_m$  von 0,2 mm. Nach der Elementaranalyse hat der Staub einen C-Gehalt von 60 Gew.-%. Vergleichsweise sei festgestellt, daß handelsübliche Aktivkohle einen C-Gehalt von ca. 95% hat. Nicht zuletzt hieraus resultiert auch die geringere aktive Oberfläche dieses Vergasungsflugstaubes mit 450 m<sup>2</sup>/g gegenüber 600—1200 m<sup>2</sup>/g bei handelsüblicher Aktivkohle. Dieser Staub wurde unveredelt mit Erfolg als Adsorptionsmittel eingesetzt. Über das neu entwickelte Verfahren und die erzielten Versuchsergebnisse soll noch im Laufe dieses Jahres ausführlich berichtet werden. Es sei hier nur erwähnt, daß bei der Erprobung des Verfahrens zur Entbenzinierung von Schwelgas der Restgasbenzingeht im behandelten Gas, bezogen auf die Gesamtbenzine, nur etwa 0,4 g/m<sup>3</sup> betrug und daß die besonders interessierenden >50 °C siedenden Kohlenwasserstoffe 100%ig aus dem Gas entfernt wurden.

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a library stamp or reference number.

## Diskussion

*Dipl.-Ing. v. ALBERTI, Dresden:*

Ich danke dem Vortragenden für seine Ausführungen. Wir durften einen recht interessanten Vortrag hören über Versuche, die seinerzeit in Lauchhammer durchgeführt worden sind, um dort das wirtschaftlichste Verfahren zur Gasentbenzinierung zu entwickeln. Der Vortragende hat uns zunächst mit dem Verfahren selbst nochmals bekannt gemacht, auch einige Begriffe dabei erläutert, und ich glaube, es ist niemals ein Fehler, wenn man sich von Zeit zu Zeit die Grundlagen seines technischen Wissens auffrischt. Die Bemühungen der IZ-Böhlen, einen wirtschaftlich günstigen Weg für die Kohlenwasserstoffgewinnung in Lauchhammer zu finden, haben mit Hilfe des Aktivkohleverfahrens leider nicht zum Erfolg geführt. Man hat sich deshalb dem Waschölverfahren zugewandt. Aber auch ein negatives Ergebnis kann insofern ein Erfolg sein, als es durch Hinweise befruchtend wirkt auf ein anderes Verfahren, an dem nun die IZ, bereits arbeitet. Es steht zu hoffen, daß wir bei der nächsten Tagung des Arbeitsausschusses schon einiges über erfolversprechende Ergebnisse des Wirbelschichtadsorptionsverfahrens hören können.

*Prof. Dr. techn. habil. LISSNER, Freiberg:*

Sie sprachen davon, daß in dem Entschwefelungsturm auch organischer Schwefel herausgenommen wurde. Ich glaube das aber nicht.

Hinweis des Vortragenden:

Es muß ein Irrtum vorliegen, Herr Prof. LISSNER. Ich hatte angegeben, daß wir organischen Schwefel und Naphthalin nur vor dem Turm bestimmt haben.

*Prof. Dr. techn. habil. LISSNER, Freiberg:*

Das ist aber für das Benzorbonverfahren sehr wichtig, weil speziell organische Schwefelverbindungen von der A-Kohle adsorbiert werden und Verstopfungen außerordentlich begünstigen. Sie wirken schädlich, indem sie Harzbildungen usw. besonders begünstigen. Wahrscheinlich wird ja auch der Gehalt an Schwefel in dem gewonnenen Gasbenzin ziemlich groß gewesen sein. Das ist wohl nicht untersucht worden?

*Prof. Dr.-Ing. GRUSON, Freiberg:*

Nur einige Worte zur Klarstellung. So schön die Versuche sind, so enthalten sie doch noch einen bittereren Tropfen, daß nämlich seinerzeit die Gesamtreinigung des Gases nicht so sein konnte, wie es notwendig gewesen wäre, und somit das Gas der Aktivkohleanlage nicht so angeboten wurde, wie es hätte angeboten werden müssen, also frei von Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Deshalb sind auch die Aktivkohleanlagen in der letzten Zeit nicht so vorangekommen, wie es gerade für kleine Betriebe hätte der Fall sein können.

Zu dieser letzten Frage von Herrn Prof. LISSNER wäre zu erwähnen, daß auch der organische Schwefel zu einem recht großen Teil herausgenommen wird. Ich denke an die Anlagen in Elsterwerda und Finsterwalde, in denen die organischen Schwefelverbindungen aus dem Lauchhammergas entfernt werden konnten.

*Ing. WEHMEYER, Woltersdorf bei Berlin:*

Es ist uns als Hersteller von Aktivkohleanlagen aufgefallen, daß hier für die Desorption überhitzter Dampf von 0,1 at Überdruck verwendet wurde. Wir sind aber der Meinung, daß hierzu Sattedampf von mindestens 0,5 at Überdruck benötigt wird. Der Wärmeinhalt des über-

hitzten Teiles ist gering und bringt an sich gar nichts. Die Zusatzbeladungen von 15%, welche hier erreicht worden sind, erscheinen uns sehr gering. Wir sind der Meinung, daß diese Erscheinung auf eine sehr hohe Restbeladung zurückzuführen ist. Diese hohe Restbeladung wiederum resultiert aus der ungenügenden Desorptionswirkung des überhitzten Dampfes von nur 0,1 at Überdruck.

*Schlußwort des Vortragenden:*

Zu den Diskussionsbeiträgen nehme ich wie folgt Stellung:

Es ist zutreffend, daß wir bei den Versuchen nicht die angestrebte Reinheit des Gases an Schwefelwasserstoff von 1 g/100 m<sup>3</sup>, sondern nur ca. 1,7 g/100 m<sup>3</sup> erreichten. Diese und eine Reihe anderer Schwankungen und Unzulänglichkeiten, die auf die Durchführung der Versuche keinen entscheidenden Einfluß hatten, mußten in Kauf genommen werden, da sich zum Zeitpunkt der Versuche die erste Ofeneinheit der Kokerei im Anfahrzustand befand und wegen der hierdurch erforderlichen Schwerpunktbildung vom Betrieb die Belange der Versuchsanlage nicht voll berücksichtigt werden konnten.

Für die Desorption haben wir in Übereinstimmung mit dem Lieferbetrieb der Aktivkohle und Fachleuten aus einer großtechnischen Aktivkohle-Anlage die Anwendung von überhitztem Wasserdampf festgelegt. Zur Frage, welchen Einfluß die Anwendung von Sattedampf auf die Versuchsergebnisse hätte, können wir daher nicht Stellung nehmen.

So wünschenswert es gewesen wäre, die Versuche fortzusetzen und hierbei weitere auf den ersten Ergebnissen fußende Betriebsbedingungen zu erproben, so mußte dessen ungeachtet aus terminlichen Gründen jetzt die Entscheidung über die Anwendung des Aktivkohleverfahrens für die Entbenzinierung des Kokereigases getroffen werden. Es gab keinen Zweifel, daß nach den erzielten Versuchsergebnissen das Aktivkohleverfahren hierfür nicht mehr in Frage kam.

# FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

## **A 140 Brennstofftechnische Gesellschaft**

**in der Deutschen Demokratischen Republik**

**Kolloquium Gastechnik am 8. und 9. April 1959 in Freiberg**

Format 17 × 24 cm — 127 Seiten — 44 Bilder — 13 Tabellen — DM 12,—

GRUSON: Fragen der Koksverwendung — GRUSON: Erfahrungen mit neueren Koksprüfmethoden — HOLZHEY: Anforderungen des Hochofenbetriebes an den metallurgischen Koks — FRIEDEL: Die Bewertung von Koks für den Kupolofenschmelzbetrieb (Auszug) — STRIEBEL: Anforderungen des Calciumcarbidofens an die Koksqualität — SCHEFFLER: Das Austauschbarkeitsproblem der Brenngase und die Bedeutung der Wobbezahl — HERNING: Wärmewirtschaftliche Grundlagen industrieller Gasfeuerungen — KIESEL: Technische und wirtschaftliche Probleme der Lieferung von Raumheizgas.

## **A 141 Gaserzeugung**

**Vorträge des XI. Berg- und Hüttenmännischen Tages vom 21. bis 23. Mai 1959  
in Freiberg**

Format 17 × 24 cm — 108 Seiten — 50 Bilder — 30 Tabellen — DM 9,—

BLUM/BOLCHI/NISTOR: Betrachtungen über aktuelle Verkokungsprobleme und zukünftige Koksherstellungsmethoden als Folge der Rohstoffbasis — OLPINSKI: Der Wärmeeffekt der Oxidation von Steinkohlen mit Luft bei Raumtemperatur — GRUSON: Untersuchungen über die Erhöhung des Schüttgewichtes von Feinkohle — KLEPEL: Untersuchungen zur Rheologie der Steinkohlen — SZPILEWICZ: Problematik des Stampfbetriebes im Kokereiwesen — ANGELOVA: Über die funktionellen Gruppen des organischen Schwefels in der Steinkohle.

## **A 169 Brennstofftechnische Gesellschaft**

**in der Deutschen Demokratischen Republik**

**Kolloquium Druckvergasung am 13. November 1959  
in Markkleeberg**

Format 17 × 24 cm — 104 Seiten — 42 Bilder — 22 Tabellen — DM 12,—

RAMMLER/PEETZ: Stand und Entwicklung der Druckvergasung fester Brennstoffe in Festbettgeneratoren — RIESCHEL/SONNTAG: Konstruktion und Aufbau des neuentwickelten Druckgasgenerators mit 4 m Schachtdurchmesser — ROTH: Über den Einfluß der Dampfüberhitzungstemperatur bei der Druckvergasung — KAHNT: Leistungssteigerung der O<sub>2</sub>-Druckvergasungsgeneratoren von 2,6 m Schachtdurchmesser.

A K A D E M I E - V E R L A G . B E R L I N





✓

Bücherei  
• Bergakademie •  
Freiberg i. Sa.

